



İİBF
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

March / Mars 2025
Volume 3
Issue 1

*Managerial and
Social Sciences*

— GSUMASS
LETTERS

GSUMASS LETTERS 4 • Mart / March / Mars 2025

Galatasaray Üniversitesi Managerial and Social Sciences Letters (GSUMASS Letters), Bilimsel Hakemli Dergidir.

Bu esere ilişkin olarak Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndan doğan haklar saklıdır. Burada yer alan makalelerde ileri sürülen görüşler yazarlarına aittir. Yayın Kurulu, makalelerde ileri sürülen görüşlerden dolayı herhangi bir sorumluluk üstlenmemektedir.

GSUMASS Letters, Galatasaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi tarafından, Mart ve Eylül aylarında olmak üzere yılda iki kez süreli ve elektronik olarak yayınlanan, hakemli ve açık erişimli bir akademik dergidir.

GSUMASS Letters is a peer-reviewed open access scientific journal published electronically and biannually, in March and September by Galatasaray University Faculty of Economic and Administrative Sciences.

GSUMASS Letters est une revue scientifique en libre accès à comité de lecture, publiée semestriellement en Mars et en Septembre par la Faculté de Sciences Economiques et Administratives.

Editör / Editor / Rédacteur en Chef

Prof. Dr. Volkan DEMİR

Editör Yardımcısı / Assistant Editor / Rédactrice Adjointe

Doç. Dr. Bilge ÖZTÜRK GÖKTUNA

Alan Editörleri / Field Editors / Editeurs de Champ

Prof. Dr. Ulun AKTURAN (İşletme)

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ARIKANLI (Uluslararası İlişkiler)

Doç. Dr. Bilge ÖZTÜRK GÖKTUNA (İktisat)

Doç. Dr. Beyza Ç. TEKİN (Uluslararası İlişkiler)

Doç. Dr. Hakan YÜCEL (Siyaset Bilimi)

Prof. Dr. İrem ZEYNELOĞLU (İktisat)

Dil Editörleri / Language Editors / Rédacteurs de Langue

Derya KARTAL BİLGE (İngilizce / English / Anglais)

Özge PEKİNER (Fransızca / French / Français)

Sekreteryası / Secretariat / Secrétariat

Arş. Gör. Furkan Sarper KÖSEOĞLU

Arş. Gör. Barış Ahmet YENTÜR

Kapak Tasarımı / Cover Design / Design de la Couverture

Format C Reklam Ajansı

Yayın Kurulu / Editorial Board / Comité Editorial

Prof. Dr. Ulun AKTURAN, Galatasaray Üniversitesi

Prof. Dr. Ozan BAKIŞ, Bahçeşehir Üniversitesi

Prof. Dr. Volkan DEMİR, Galatasaray Üniversitesi

Prof. Dr. Bengi ERTUNA, Boğaziçi Üniversitesi

Prof. Dr. Çağnur KAYTMAZ BALSARI, Dokuz Eylül Üniversitesi

Doç. Dr. Ufuk MISIRLIOĞLU, UWE Bristol

Doç. Dr. Merve ÖZDEMİRKIRAN EMBEL, Marmara Üniversitesi

Prof. Dr. Serdar ÖZKAN, American University of the Middle East

Doç. Dr. Bilge ÖZTÜRK GÖKTUNA, Galatasaray Üniversitesi

Doç. Dr. Beyza Ç. TEKİN, Galatasaray Üniversitesi

Doç. Dr. Hakan YÜCEL, Galatasaray Üniversitesi

Prof. Dr. İrem ZEYNELOĞLU, Galatasaray Üniversitesi

Danışma Kurulu / Advisory Board / Comité Consultatif

Prof. Dr. Samim AKGÖNÜL, Université de Strasbourg

Prof. Dr. Başak BAYRAMOĞLU, Université Paris-Saclay

Prof. Dr. Zehra BOZBAY, İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Can Umut ÇİNER, Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Rasim Özgür DÖNMEZ, Abdullah Gül Üniversitesi

Doç. Dr. Gökçe BAYINDIR GOULARAS, Yeditepe Üniversitesi

Prof. Dr. Seyfettin GÜRSEL, Bahçeşehir Üniversitesi

Prof. Dr. Jean-François JACQUES, Université Gustave Eiffel

Prof. Dr. Thomas JOBERT, Université Côte d'Azur

Prof. Dr. Gilbert KOENIG, Université de Strasbourg

Galatasaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

Çırağan Caddesi, No: 36, Ortaköy, İstanbul, 34349

Tel: (+90) 212 227 4480 / 1100

Faks: +90 (212) 259-20-85

E-posta: gsumassletters@gsu.edu.tr

e-ISSN: 2980-1575

Galatasaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi adına sahibi / Owner, in the name of Faculty of Economic and Administrative Sciences / Propriétaire au nom de la Faculté de Sciences Economiques et Administratives

Prof. Dr. Volkan DEMİR

GSUMASS Publication Policy

1. Galatasaray University GSU Managerial and Social Sciences Letters is a peer-reviewed journal published periodically, twice a year, in March and September. The journal includes theoretical, conceptual, and empirical research articles in the fields of economics and administrative sciences, especially in economics, business administration, political sciences, and international relations. Whether or not applications from other disciplines will be evaluated is primarily decided by the editor during the preliminary evaluation. The publication languages of the journal are English and French.
2. The articles sent to the journal are first subjected to a preliminary examination in terms of form and content. The format requirements and the submission process must be fulfilled in accordance with the journal's conditions. Works that do not comply with these are subject to editorial rejection. The articles that are found suitable in terms of form and content are presented to the editorial board for reviewer appointments. It is not guaranteed that every article submitted to the journal will be included in the peer-review process. A period of two weeks is anticipated for the preliminary editorial evaluation of the articles and 10–12 weeks for the peer-review evaluation.
3. The articles submitted to the journal are sent to at least two reviewers related to the field of the article for evaluation. If one of the reviewers' reports is positive and the other is negative, the publication decision is made by the journal editors. If it is deemed necessary, the article can be sent to a third reviewer for evaluation.
4. The articles submitted to the journal should not be in the evaluation process of another journal at the same time and should not have been accepted for publication or published anywhere else before. By uploading the article to the journal, the author or authors are deemed to have declared and accepted responsibility for this issue.
5. The articles that have been evaluated and accepted for publication are listed in the issue they will be published in according to their discipline in Turkish alphabetical order: Economics (İktisat), Business Administration (İşletme), Political Science (Siyaset Bilimi), and International Relations (Uluslararası İlişkiler). Articles accepted for publication in the relevant discipline are listed alphabetically according to the surname of the responsible author.

Politique de Publication de GSUMASS

1. Galatasaray University GSU Managerial and Social Sciences Letters est une revue à comité de lecture publiée périodiquement, deux fois par an, en mars et septembre. La revue comprend des articles de recherche théoriques, conceptuels et empiriques dans les domaines de l'économie et des sciences administratives, en particulier en économie, en administration des affaires, en relations internationales et en sciences politiques. La question de savoir si les candidatures d'autres disciplines seront évaluées ou non, est principalement décidée par l'éditeur lors de l'évaluation préliminaire. Les langues de publication de la revue sont l'anglais et le français.
2. Les articles envoyés à la revue sont d'abord soumis à un examen préalable quant à la forme et au fond. Les exigences de format et le processus de soumission doivent être remplis conformément aux conditions de la revue. Les œuvres qui ne respectent pas celles-ci sont sujettes à un rejet éditorial. Les articles jugés appropriés en termes de forme et de contenu sont présentés au comité de rédaction pour nomination de relecteurs. Il n'est pas garanti que chaque article soumis à la revue soit inclus dans le processus d'évaluation par les pairs. Une période de deux semaines est prévue pour l'évaluation éditoriale préliminaire des articles et de 10 à 12 semaines pour l'évaluation par les pairs.
3. Les articles soumis à la revue sont envoyés à au moins deux examinateurs liés au domaine de l'article pour évaluation. Si l'un des rapports des examinateurs est positif et l'autre négatif, la décision de publication est prise par les éditeurs de la revue. Si cela est jugé nécessaire, l'article peut être envoyé à un troisième relecteur pour évaluation.
4. Les articles soumis à la revue ne doivent pas être dans le processus d'évaluation d'une autre revue en même temps et ne doivent pas avoir été acceptés pour publication ou publiés ailleurs auparavant. En téléchargeant l'article dans la revue, l'auteur ou les auteurs sont réputés avoir déclaré et accepté la responsabilité de cette publication.
5. Les articles qui ont été évalués et acceptés pour publication sont répertoriés dans la parution dans lequel ils seront publiés en fonction de leur discipline dans l'ordre alphabétique turc : Économie (İktisat), Administration des Affaires (İşletme), Sciences Politiques (Siyaset Bilimi) et Relations Internationales (Uluslararası İlişkiler). Les articles acceptés pour publication dans la discipline concernée sont classés par ordre alphabétique selon le nom de famille de l'auteur responsable.

Table of Contents // Table des Matières // İçindekiler

Editorial /// *Sunuş*

Volkan DEMİR 5

Visual Harmony: GAN-Generated Artworks and Live Orchestral Performance in Perfect Sync /// *Görsel ve İşitsel Senkronizasyon: GAN Üretimi Görseller ile Canlı Orkestranın Etkileşimi*

Mustafa Atakan KIZILTAN 6

Le dernier Rapport d'Information du Sénat français sur la relation franco-turque: une mise en perspective tridimensionnelle /// *Fransa Senatosu'nun Türk-Fransız ilişkileri hakkındaki son Bilgi Raporu: üç boyutlu bir inceleme*

Fusun TÜRKMEN 16

Measurement of Environmental Sustainability Using Slack-Based Measure and Data Envelopment Analysis /// *SBM ve Veri Zarflama Analizi Kullanılarak Endüstriyel Alanda Çevresel Sürdürülebilirliğin Değerlendirilmesi*

Musa AKTAŞ, Ferhan ÇEBİ 31

Editorial

Dear valued readers,

Galatasaray University Managerial and Social Sciences Letters (GSUMASS) aims to support the increase in interdisciplinary studies, particularly in economics, administrative sciences, and social sciences, to contribute to the development of theory and practice, and to share a robust research community with you, our esteemed authors and readers. This will be achieved by enhancing the research climate within our faculty. As a consequence of achieving this objective, we will be delivering you two publications in March and September.

Since our first issue, we have experienced and worked diligently. Now, we proceed on this path toward the addition of a new one: We are so glad to present the first issue of the second volume of our journal. This issue contains three invaluable articles on a wide range of subjects. Each and every one of our articles has been subjected to anonymous peer review, and all of our authors have concluded their work by incorporating the reviewers' insightful suggestions. I would like to express my gratitude to everyone who contributed to this process, including the field editors, referees, and writers.

We are committed to working with the same degree of care on future editions of our journal, and we remain confident that it will soon be ranked among the most prestigious and influential journals.

We hope you enjoy your reading experience.

Best regards,

Volkan DEMİR

Visual Harmony: GAN-Generated Artworks and Live Orchestral Performance in Perfect Sync*

Research Article / Araştırma Makalesi

Mustafa Atakan Kızıltan[†]

ABSTRACT

This study investigates the integration of Generative Adversarial Networks (GANs) in synchronizing AI-generated visual art with live orchestration, demonstrated through a groundbreaking concert at Istanbul's Harbiye Cemil Topuzlu Open-Air Theater on July 14, 2022. By leveraging advanced audio analysis techniques, the research outlines the methodologies employed to train GANs, produce high-quality visual content, and achieve real-time synchronization with live music. Key findings address both the technical and artistic challenges encountered, offering insights into the potential of GANs to enhance live performances. This work sets itself apart by emphasizing real-time interaction between music and visuals, enabled by precise and dynamic audio-to-visual mappings. In addition to advancing the state-of-the-art in performing arts technology, this study provides a unique perspective on the fusion of traditional artistry with modern AI tools. It contributes to the discourse on the evolving role of artificial intelligence in creative processes, highlighting its capacity to redefine the boundaries of artistic expression and audience engagement.

Keywords : *Art and Technology Integration, Generative Adversarial Networks (GAN), Digital Art Creation, Generative AI, Creative AI in the Arts, Deep Learning and Art.*

1. INTRODUCTION

The intersection of art and artificial intelligence (AI) not only transforms how art is created and experienced but also reignites fundamental debates about human nature and creativity. When comparing AI-generated artworks with those created by human hands, new questions arise about the universal language of art and its meaning as well as its value. This article aims to explore this dynamic interaction between AI and art through the lens of Generative Adversarial Networks (GANs), a deep learning methodology. By doing so, it seeks to illuminate both the theoretical and practical dimensions of this relationship.

Although the interplay between art and technology has existed throughout history, the convergence of AI and art opens the door to a new era that challenges the boundaries of creativity. Particularly, AI techniques such as deep learning are reshaping how traditional art forms meet the digital age, redefining both the perception and the definition of art. Models like GANs have played a pivotal role in this transformation, with advanced architectures such as StyleGAN2 producing high-quality visuals. However, the application of these technologies in performative and dynamic contexts remains relatively underexplored.

This study examines the evolution of art and AI, focusing on how technology influences creative processes. It highlights an innovative application: the real-time synchronization of AI-generated artworks with live orchestration. For this purpose, GAN models were trained separately for each segment of the concert, generating visuals that dynamically adapted to the music in real-time. It stands as a significant example of how art and AI can collaborate not only to broaden artistic horizons but also to redefine human creativity. By presenting a novel application of GAN technologies, this article

* **Received:** 14.04.2024 ; **Revised:** 08.07.2024; **Accepted:** 31.01.2025

[†] KoçDigital, ORCID: 0009-0008-7764-1582, m.atakan.kiziltan@gmail.com.

underscores the transformative potential of AI in the arts and highlights its critical role in shaping the future of creative expression.

The article is structured as follows: first, it provides a review of the literature on the use of GANs and other AI technologies in art. Next, it details the innovative methods that distinguish this study from previous works. Finally, it examines the practical application of these methods during the performance held on July 14, 2022, at Istanbul's Harbiye Cemil Topuzlu Open-Air Theatre, evaluating the potential of AI to expand the boundaries of art.

2. Literature Review

The intersection of artificial intelligence and art has sparked significant interest, prompting researchers to explore both the theoretical foundations and practical applications of this dynamic relationship. This section reviews the key concepts and methodologies relevant to understanding the subject of this study. Here are some necessary concepts:

- Machine learning, a foundational element of artificial intelligence, refers to a computer's ability to learn from data to perform specific tasks. It involves algorithms that identify patterns in datasets and make predictions based on these patterns (Bishop, 2006).
- Deep learning, a subfield of machine learning, focuses on exploring deep structures in large datasets using complex algorithms like artificial neural networks (McCulloch et al., 1943). The origins of deep learning date back to 1943 when Walter Pitts and Warren McCulloch developed the concept of "threshold logic," combining algorithms and mathematics to mimic the neural networks of the human brain. This pioneering work laid the foundation for modern advances in artificial intelligence and machine learning (Schmidhuber, 2022). Deep learning has proven particularly effective for handling complex data types, such as images, audio, and text.
- Datasets form the backbone of machine learning and deep learning models, providing the information needed for training algorithms. A high-quality dataset ensures accuracy and standardisation by adequately representing the problem to be solved (Jain et al., 2022).
- Model training involves iteratively adjusting parameters to enhance performance and enable algorithms to make precise predictions (Sarker, 2021).

Machine learning approaches can be categorized into supervised and unsupervised learning paradigms.

- Supervised learning uses labelled datasets, where the algorithm learns to map inputs to outputs (e.g., classifying images or detecting fraud).
- In contrast, unsupervised learning extracts patterns from unstructured data, identifying relationships without labelled inputs. Techniques such as clustering and dimensionality reduction are commonly applied in unsupervised learning (Sarker, 2021; Watson, 2023). GANs combine elements of unsupervised and supervised learning, utilizing a supervised loss function within an adversarial framework to train the generator and discriminator networks.

Understanding discriminative and generative models is crucial for grasping the distinctions between AI technologies.

- Discriminative models focus on producing outputs based on data features, such as classifying images or predicting values (Rautaray et al., 2020).
- Generative models, however, aim to model the joint distribution of inputs and outputs, enabling them to generate new, synthetic examples that resemble existing data points (Bishop, 2006). The primary objective of discriminative models is accurate classification or regression, while generative models seek to learn the data's overall distribution and generate new instances based on that distribution.
- Among generative models, the Generative Adversarial Network (GAN) stands out as a groundbreaking approach, leveraging two neural networks -the generator and the discriminator- trained together to produce realistic synthetic data.

In recent years, generative art has been significantly influenced by the advent of text-to-image models, which utilize textual prompts to create visually coherent outputs. The release of DALL-E by OpenAI in 2021 marked a pivotal moment, as it showcased the potential of combining large language models with generative capabilities (Ramesh et al., 2021). This innovation was quickly followed by VQGAN-CLIP (Burgess, 2021), leveraging CLIP technology (Radford et al., 2021). Subsequent models like Midjourney (Rose, 2022), Stable Diffusion (Heikkilä, 2022), and Google's Imagen and Parti further expanded the field (Vincent, 2022). Notably, these models have been used extensively for static artistic creations, yet their application in performative and dynamic contexts remains underexplored. This gap highlights the novelty of using GAN-generated visuals in real-time synchronization with orchestral music, as demonstrated in this study.

GAN models, which are at the heart of this study, represent a significant advancement in generative modelling. They have demonstrated remarkable capabilities in creating high-quality, realistic images and have been widely adopted in artistic applications. While prior works have explored the use of GANs in static visual art, this study extends their application to dynamic, performative contexts. In the following section, the details of the GAN model and its implementation in this research will be discussed comprehensively.

3. *Generative Adversarial Network (GAN): From Basics to StyleGAN*

Generative networks are deep learning models that aim to learn the distribution of a dataset and produce new, original examples. They excel in unstructured data types such as images, sounds, and text by capturing the underlying patterns in the data and generating realistic outputs. Proposed in 2014 by Ian Goodfellow and his team, Generative Adversarial Networks (GANs) revolutionized generative modelling with their adversarial architecture. GAN consists of two primary components: Generator (G) produces data by transforming a random noise vector (z) and discriminator (D) distinguishes real data from fake data generated by G.

Figure 1 represents the conventional architecture of the GAN model:

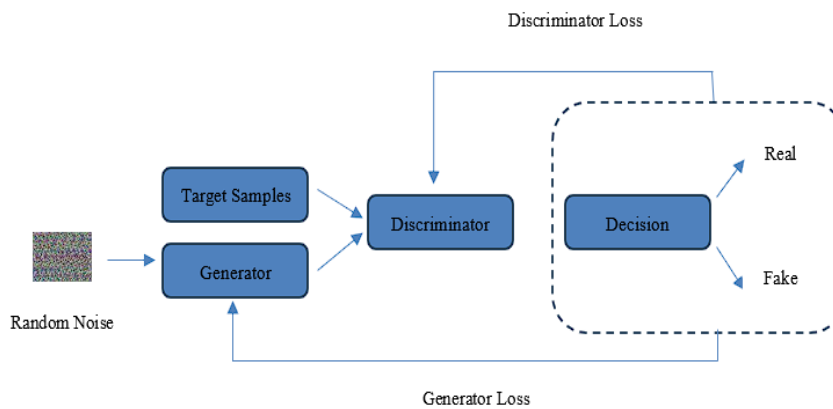


Figure 1. GAN model architecture

These networks engage in a competitive game where G learns to produce data that can fool D, while D becomes better at identifying real versus fake data. Over time, this adversarial process drives G to generate highly realistic data. GANs are fundamentally rooted in game theory, as they model the interaction between two players (G and D) as a zero-sum game. This adversarial setup mirrors the zero-sum games in game theory, where the total gains of the two players sum to zero. Thus, any gain by one player results in a corresponding loss by the other, illustrating the competitive nature of the training process (Owen, 2003). To recapitulate, objective of G is generating data that maximizes

D's likelihood of mistakenly identifying it as real and objective of D is correctly classifying real and generated data.

In brief, the workflow of the GAN architecture is as follows: A random vector z is sampled from a latent space, a multi-dimensional vector space, G transforms z into an output ($G(z)$), and, D evaluates both real data and $G(z)$, assigning a “real” or “fake” label. The weights of both networks are updated using the “minimax” loss function:

$$V(D, G) = E_{x \sim p_{data(x)}} [\log D(x)] + E_{z \sim p_z(z)} [\log(1 - D(G(z)))] \quad (1)$$

where $D(x)$ represents the discriminator's prediction of whether a real data sample x is real, $G(z)$ is the output of the generator for a noise vector z , creating synthetic images, E_x signifies the expected value of all real data samples, reflecting the typical features found in the dataset, E_z denotes the expected value of all noise vectors z fed into the generator, illustrating how it responds to different inputs and, $D(G(z))$ is the discriminator's prediction of whether the image produced by G with noise z is real. In the loss function, the right-hand side of the summation operation shows the influence of the generator (G). This setup ensures that the generator cannot directly influence the expression $\log D(x)$. The discriminator (D) aims to maximize its ability to distinguish between real and generated fake images, while the generator G seeks to minimize the discriminator's accuracy in identifying its generated images as fake.

Building upon the GAN architecture, Nvidia¹ introduced StyleGAN in 2019, which brought significant innovations in image generation, particularly in style-based synthesis and latent space manipulation (Karras et al., 2019). GANs traditionally begin with random noise vectors from the z -space. StyleGAN extends this concept by introducing an intermediate w -space through a mapping network, enhancing the semantic control over generated images. The z -space comprises purely random values, serving as the starting point for the image generation process. The mapping network -an 8-layer multi-layer perceptron (MLP)² - transforms the z -space vectors into the w -space. This transformation encodes more meaningful and semantically richer features, allowing for finer control over image properties. w -space allows for smooth transitions between images (low perceptual path length), meaning one image can morph naturally into another (Pham Van et al., 2020), and for better feature separation (high linear separability), which makes distinguishing between different image types easier (Karras et al., 2018; Karras et al., 2019).

On the other hand, the synthesis network takes the information from the mapping network and uses it to construct the final image. In other words, the style and content information provided by the mapping network is shaped into a visual representation by the synthesis network. This stage, part of the synthesis network, enables StyleGAN to manipulate images with a greater degree of precision and control. Specifically, attributes such as hair shape or pose can be independently adjusted and smoothly integrated with other features of the image, resulting in highly realistic transformations. This ability to modify specific features in a detailed and coherent manner distinguishes StyleGAN from other GAN variants, enhancing its flexibility and capability in generating complex and realistic images.

¹ Nvidia Corporation is a leading technology company known for its groundbreaking work in GPU (Graphics Processing Unit) development, which has revolutionized fields such as artificial intelligence, gaming, and scientific computing. Founded in 1993, the company has played a critical role in advancing AI research by providing high-performance hardware and software solutions. For more information, see Nvidia Corporation's official website: www.nvidia.com.

² “Multi-layer perceptron (MLP)” refers to a class of feedforward artificial neural networks composed of multiple layers of nodes, where each layer is fully connected to the subsequent one. An “8-layer MLP” indicates that the network consists of eight hidden layers of nodes, excluding the input and output layers, which are used for feature extraction and decision-making. For further details, see Goodfellow, Bengio, & Courville (2016), Deep Learning, MIT Press.

The synthesis network in StyleGAN incorporates Adaptive Instance Normalization (AdaIN), which adjusts style vectors layer-by-layer (Huang et al., 2017). The mathematical definition of AdaIN is:

$$AdaIN(x_i, y) = y_{s,i} \frac{x_i - \mu(x_i)}{\sigma(x_i)} + y_{b,i} \quad (2)$$

StyleGAN employs a process where activations in each layer of the synthesis network are normalized and then adjusted through scaling and shifting operations derived from style vectors. These style vectors, obtained from a mapping network, allow the model to control specific attributes such as pose, texture, and color, while preserving the overall structure of the image. The use of Adaptive Instance Normalization (AdaIN) facilitates fine-grained and flexible manipulation, enabling StyleGAN to generate high-quality and diverse images with remarkable precision and consistency.

4. Training Process of the GAN Models for Live Event

4.1. Training Process of the GAN Models

In the production of the artwork *Pictures at an Exhibition*³, 11 distinct GAN models were used to represent 10 musical pieces and the promenade⁴ sections. The training architecture primarily leveraged StyleGAN and StyleGAN2 algorithms (Karras et al., 2020). Depending on the availability and specificity of data, the models were trained either from scratch or using transfer learning techniques.

Transfer learning allowed GAN models to adapt pre-existing knowledge to new tasks, especially when the dataset size was limited. For example, pre-trained GAN models on human portraits were fine-tuned for tasks involving similar images. Conversely, when no relevant open-source pre-trained models existed or when the target data significantly differed, models were trained from scratch. This dual approach ensured both flexibility and optimal utilization of available resources.

To monitor and evaluate the training process, the Fréchet Inception Distance (FID) metric was employed (Heusel et al., 2017). Training was stopped when the FID score improvements plateaued, indicating that further iterations would yield negligible quality enhancements. Visual inspections of the generated images complemented this quantitative metric to ensure that the outputs met the desired quality standards.

For compositions in *Pictures at an Exhibition* like “Bydło”, which features the depiction of a heavy Polish ox cart, the training dataset included drawings of large animals and carts. Due to the limited availability of such data, transfer learning was the primary approach. If the results were unsatisfactory, the models were subsequently retrained from scratch. This ensured the generated visuals to be thematically aligned with the specific music pieces, enhancing the audience’s experience during the performance. Additionally, care was taken to use only public domain⁵ images for training, adhering to copyright regulations.

³ Modest Mussorgsky’s “*Pictures at an Exhibition*” was composed by the Russian composer in 1874 for solo piano. This piece was dedicated to the memory of the Russian artist Viktor Hartmann, who died at the young age of 39 in 1873. For more details: Encyclopedia Britannica, 2024.

⁴ The term “Promenade” holds a specific orchestral meaning, referring to an interlude or movement that allows for a transition between pieces or scenes. It gained prominence in works such as Modest Mussorgsky’s *Pictures at an Exhibition*, where the “Promenade” sections serve as thematic bridges. For further reading, see Taruskin, R. (2009). *The Oxford History of Western Music*. Oxford University Press.

⁵ The concept of “public domain” refers to creative content that is no longer protected by intellectual property rights such as copyright, trademark, or patent. In Europe, the copyright of a work lasts for 70 years after the death of the longest-living creator. If the copyright is held by a company, this period is determined as 70 years after publication. After this period of temporary protection expires, the work falls into the public domain (European Union Official Website, 2024).

4.2. Extraction of Music Features and Video Generation

The integration of music and visuals was achieved through advanced manipulation of GAN-generated images. Manipulation of deep generative models constitutes a burgeoning field of research itself (Broad et al., 2020).

Latent-space interpolation was employed to create seamless transitions between GAN outputs, a method that explores the relationship between points in the latent space (Mi et al., 2021). Given two latent vectors, ρ_1 and ρ_2 , the transition was mathematically defined as:

$$v = (1 - \lambda)x\rho_1 + \lambda x\rho_2 \quad (3)$$

where $\lambda \in [0,1]$ controlling the interpolation process (Michelis et al., 2021).

To synchronize the visuals with live music, harmonic and percussive features were extracted using the librosa library⁶ (McFee et al., 2015). Harmonic features influenced the tempo of the video transitions, while percussive features controlled the intensity. Additional features, such as tempo and magnitude, were also analyzed to enhance synchronization (Fitzgerald, 2010; Driedger et al., 2014).



Figure 2. A section from the concert

4.3. Real Time Music Integration

Music features were directly embedded into the GAN's latent space to augment the interpolation process. This novel technique allowed the generated visuals to dynamically respond to live music, ensuring a coherent and immersive audiovisual experience. The synchronization process, characterized by real-time integration without the need for external software, represents a significant advancement in the field of AI-driven art.

By dynamically combining harmonic and percussive features with GAN-generated visuals, the performance achieved a seamless alignment between audio and visual elements, pushing the boundaries of AI-generated art in live settings. This

⁶ Librosa library is a powerful Python library specifically designed for music and audio analysis. Python, a widely-used high-level programming language, is known for its simplicity and readability, making it an ideal choice for a variety of applications, including data science and machine learning. A library in programming refers to a collection of pre-written code that developers can use to perform common tasks, thereby simplifying the development process and enhancing efficiency.

pioneering methodology provides a framework for future explorations in real-time AI art generation.

5. The Context of the Performance

The artwork “*Pictures at an Exhibition*” was performed live at the Harbiye Cemil Topuzlu Open-Air Theater⁷ on July 14, 2022, accompanied by the Cemal Reşit Rey Symphony Orchestra⁸ under the baton of conductor Murat Cem Orhan⁹. This performance brought together the timeless composition of Modest Mussorgsky with cutting-edge AI-generated visuals, creating a unique fusion of classical music and contemporary technology. We can see in Figure 2 and 3, photos taken during the performance to give you an idea of the result of the training.



Figure 3. A section from the concert

The concert received overwhelmingly positive feedback from both the orchestra members and the conductor, who praised the innovative integration of AI-generated visuals with live orchestration. Audience expressed their admiration for the unique experience, noting how the visual elements enhanced the overall performance. A detailed overview of the results of this project can be found in the interview with Cumhuriyet Gazetesi¹⁰, highlighting the technical and artistic achievements of the event and the live interview on BloombergHT’s Yapay Zeka Merkezi program¹¹ where the concert’s significance and the potential of AI in the arts were elaborated. Although we have underlined here the technical processes applying to create images during the orchestral performance, this study and the event vividly demonstrate the evolution of art and the transformative role of technology in reshaping artistic creativity; therefore, this study stands in the current trend and discussions exploring the use of AI in creative pursuits.

⁷ The capacity of the Istanbul Harbiye Cemil Topuzlu Open-Air Theater, which opened in 1947 and continues its activities to this day, is 4,532 people (Istanbul Metropolitan Municipality Culture Inc, 2024).

⁸ Cemal Reşit Rey is recognized as one of the Turkish Five, making significant contributions to Turkish music history as a composer, educator, piano pedagogue, pianist, orchestra conductor, and founder of the Istanbul City Orchestra. The Cemal Reşit Rey Symphony Orchestra, established in Turkey, has successfully performed concerts both domestically and internationally (Istanbul Metropolitan Municipality Culture Inc, 2024).

⁹ Murat Cem Orhan, the conductor of the Cemal Reşit Rey Symphony Orchestra and the general artistic director of the Cemal Reşit Rey Concert Hall, was born in Izmir in 1981 and completed his music education successfully. He has won numerous international awards, worked with renowned figures worldwide, and performed significant concerts. Additionally, he has been actively involved in musical events in Turkey and has successfully participated in various projects (Istanbul Metropolitan Municipality Culture Inc, 2024).

¹⁰ <https://www.cumhuriyet.com.tr/kultur-sanat/crr-senfonik-orkestrasinin-konserine-yapay-zeka-resimlerleslik-etti-1958883>, Retrieved 19 June 2024

¹¹ <https://www.youtube.com/watch?v=Wh1MMLhlsxA>, Retrieved 19 June 2024

6. Conclusion

This article extensively explores the impressive results of merging traditional art forms with the innovative technologies of the digital age. A unique event is analysed, where AI-generated visuals created using Generative Adversarial Networks (GANs) were synchronized with live orchestration. This intersection of disciplines illustrates how AI can serve not just as a tool but as a medium, in its own right, contributing to the evolution of art as an expressive form.

A critical technical aspect discussed is the use of the Fréchet Inception Distance (FID) metric, which was instrumental in evaluating and ensuring the quality of the generated images. The marginal improvement in FID scores during the training process served as a stopping criterion, resulting in high-quality, visually appealing outputs. This underscores the importance of quantitative methods in achieving excellence in AI-generated art. While the methodology achieved remarkable results, it also highlights certain limitations, such as the dependency on curated datasets and computational resources, which could constrain accessibility for less-resourced artists or researchers.

The integration of AI into artistic processes signifies not merely an enhancement of existing practices but the emergence of new paradigms in art creation. Understanding this interplay between technology and creativity provides a compelling framework for envisioning the future of artistic practices.

For practitioners, the methodologies discussed -such as using transfer learning, monitoring FID scores, and designing real-time synchronization systems- serve as practical guidelines for exploring the integration of AI into live performances and exhibitions. These approaches exemplify how artists and technologists can collaborate to push the boundaries of both traditional and digital art, opening new avenues for innovation.

The broader societal implications of AI in art include its potential to democratize artistic creation and challenge traditional notions of creativity and authorship. As AI tools become more accessible, they enable a wider range of creators to experiment with innovative forms of expression, fostering inclusivity in the art world. However, these advancements also raise important questions about the ethical implications of AI's role in artistic creation, such as the balance between human and machine contributions and the authenticity of the creative process.

On a commercial level, AI-generated art offers new opportunities for personalized experiences, interactive installations, and dynamic audiovisual productions as well. According to McKinsey (2023), generative AI's ability to create and adapt content across modalities positions it as a transformative force across industries, with potential applications ranging from the arts to customer engagement and education.

In conclusion, this study illustrates how GANs and AI technologies can redefine artistic practices, offering innovative methodologies for integrating visuals and music. The concert exemplifies the potential of AI not only to enhance but also to expand the boundaries of creative expression. Moving forward, further exploration of advanced AI models and interdisciplinary collaboration will be essential in unlocking new possibilities and addressing the ethical and technical challenges of this evolving field. By embracing these opportunities, we can usher in a new era of creativity that harmoniously blends human ingenuity with technological innovation.

Information on Plagiarism

This article was scanned with plagiarism detection software. No plagiarism was detected.

Ethics Committee Approval Information

Ethics committee approval was not required.

Author Contribution Statement

The authors' contributions to this study are equal.

Funding Statement and other Acknowledgments

This study has not received any type of funding or support.

Competing Interests Statement

There is no conflict of interest to declare with any institution or person within the framework of the study.

REFERENCES

- Aditya**, R., Prafulla, D., Scott, G., & Ilya, S. (2021). Zero-shot text-to-image generation. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2102.12092>
- Bishop**, C. M. (2006). Pattern recognition and machine learning. *Springer*. <https://www.microsoft.com/en-us/research/uploads/prod/2006/01/Bishop-Pattern-Recognition-and-Machine-Learning-2006.pdf>
- Broad**, T., Zhu, J.-Y., Efros, A. A., & Dovrat, O. (2020, May). Network bending: Expressive manipulation of deep generative models. *10th International Conference on Artificial Intelligence in Music, Sound, Art and Design*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.12420>
- Burgess**, P. (2024, June 19). Generating AI “art” with VQGAN+CLIP. *Adafruit*. Retrieved from <https://www.adafruit.com>
- Driedger**, J., Müller, M., & Disch, S. (2014). Extending harmonic-percussive separation of audio signals. *15th International Society for Music Information Retrieval Conference*.
- Fitzgerald**, D. (2010). Harmonic/percussive separation using median filtering. *13th International Conference on Digital Audio Effects (DAFX10)*.
- Goodfellow**, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A. & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2672-2680. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1406.2661>
- Goodfellow**, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. *MIT Press*.
- Heikkilä**, M. (2024, June 19). This artist is dominating AI-generated art. And he's not happy about it. *MIT Technology Review*. Retrieved from <https://www.technologyreview.com>
- Heusel**, M., Ramsauer, H., Unterthiner, T., Nessler, B. & Hochreiter, S. (2018). GANs Trained by a Two Time-Scale Update Rule Converge to a Local Nash Equilibrium. *Advances in Neural Information Processing Systems* 30. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.08500>
- Hochreiter**, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
- Huang**, X., Liu, M.-Y., Belongie, S., & Kautz, J. (2017, March). Arbitrary style transfer in real-time with adaptive instance normalization. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1703.06868>
- Istanbul Metropolitan Municipality Culture Inc.** (February 2024). Istanbul Municipal Theatre Official Website. Retrieved from <https://sehirtiyatrolari.ibb.istanbul/sahne/harbiye-cemil-topuzlu-acikhava-tiyatrosu>
- Istanbul Metropolitan Municipality Culture Inc.** (February 2024). Cemal Reşit Rey Concert Hall Official Website. Retrieved from <https://crrkonsersalonu.ibb.istanbul/home/sitepage/17?CRRLang=tr-TR>
- Jain**, A., Kalyanaraman, S., & Liu, J. (2020, August). Overview and importance of data quality for machine learning tasks. *Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, 3561-3562. <https://doi.org/10.1145/3394486.3406477>
- Karras**, T., Laine, S., & Aila, T. (2018, February). Progressive growing of GANs for improved quality, stability, and variation. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1710.10196>
- Karras**, T., Laine, S., & Aila, T. (2019, March). A style-based generator architecture for generative adversarial networks. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1812.04948>

- Karras**, T., Aittala, M., Hellsten, J., Laine, S., Lehtinen, J., & Aila, T. (2020). Training generative adversarial networks with limited data. *34th Conference on Neural Information Processing Systems*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.06676>
- McFee**, B., Raffel, C., Liang, D., Ellis, D. P. W., McVicar, M., Battenberg, E., & Nieto, O. (2015). librosa: Audio and music signal analysis in Python. *In Proceedings of the 14th Python in Science Conference*, 18-25. <https://doi.org/10.5281/zenodo.591533>
- McKinsey & Company**. (2023). The economic potential of generative AI: The next productivity frontier. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-AI-the-next-productivity-frontier>
- Michelis**, M. Y., Dittadi, A., & Nickisch, H. (2021, May). On linear interpolation in the latent space of deep generative models. *ICLR 2021 Workshop on Geometrical and Topological Representation Learning*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.03663>
- Mi**, L., Jin, H., Xie, X., & Yang, M. (2021, October). Revisiting latent-space interpolation via a quantitative evaluation framework. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.06421>
- Owen**, G. (2003). Game theory. *In Encyclopedia of Physical Science and Technology* (3rd ed., pp. 389 -396). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227410-5/00272-6>
- Pham Van**, T., Perrot, M., Pham, P., & Seznec, J. (2020). Interpreting the latent space of generative adversarial networks using supervised learning. *International Conference on Advanced Computing and Applications (ACOMP)*, 49-54. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2102.12139>
- Radford**, A., Kim, J. W., Hallacy, C., Ramesh, A., Goh, G., Agarwal, S., Sastry, G., Askell, A., Mishkin, P., Clark, J., Krueger, G. & Sutskever, I. (2021). Learning transferable visual models from natural language supervision. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.00020>
- Rautaray**, S. S., & Agrawal, A. (2020). A comprehensive survey and analysis of generative models in machine learning. *Computer Science Review*, 38(1), 1.1-1.2. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100285>
- Rose**, J. (2024, June 19). Inside Midjourney, the generative art AI that rivals DALL-E. Vice. Retrieved from <https://www.vice.com>
- Sarker**, I. H. (2021). Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions. *SN Computer Science*, 2(160). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Schmidhuber**, J. (2022, December). Annotated history of modern AI and deep learning. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.11279>
- Taruskin**, R. (2009). The Oxford History of Western Music: Music in the Nineteenth Century. Oxford University Press.
- Vincent**, J. (2024, June 19). All these images were generated with Google's latest text-to-image AI. *The Verge*. Retrieved from <https://www.theverge.com>
- Watson**, D. S. (2023). On the philosophy of unsupervised learning. *Philosophy & Technology*, 36, 28. <https://doi.org/10.1007/s13347-023-00635-6>

Le dernier Rapport d'Information du Sénat français sur la relation franco-turque: une mise en perspective tridimensionnelle*

Research Article / Araştırma Makalesi

Füsun TÜRKMEN†

RESUME

Rendu public fin Janvier 2025, le dernier Rapport d'Information du Sénat français sur la relation franco-turque vient à un moment crucial aussi bien en matière de changements géopolitiques mondiaux que régionaux. Il s'agit d'une étude des rapports de la Turquie avec l'OTAN, l'Union européenne et surtout la France elle-même, identifiant les points de divergence et de convergence entre ces deux anciens alliés, tout en explorant les moyens de coopération à accroître afin de contribuer à la paix, en général. L'article qui suit est une tentative de mise en perspective historique, conceptuelle et conjoncturelle de la relation bilatérale à la lumière dudit Rapport. La première partie entreprend une présentation du Rapport dans ses grandes lignes, tandis que la seconde le place dans ce contexte à trois dimensions qui pourrait, à long terme, détenir les clés d'un meilleur dialogue entre les deux pays et, corollairement, au sein du bloc transatlantique.

Mots-clés: *Turquie, France, Europe, dialogue, coopération.*

INTRODUCTION

Il est évident que le "timing" d'une telle démarche paraît excellent -par hasard ou par choix?- vu sa coïncidence avec la superposition de plusieurs changements tectoniques d'ordre géopolitique, à savoir l'avènement du Président Trump aux États Unis, la chute du régime Assad en Syrie, et l'accélération du virage entrepris par la politique étrangère turque depuis quelques temps. Tous ces éléments vont forcément avoir des conséquences directes et indirectes sur les relations déjà établies de la Turquie avec ses partenaires, aussi bien dans le contexte multilatéral que bilatéral. L'idée générale serait donc a) de maintenir ce qui est positif; b) de profiter de la nouvelle donne pour explorer de nouveaux terrains d'entente inter-étatiques; et c) de renforcer le dialogue au niveau non-étatique afin de contribuer à l'amélioration des perceptions mutuelles. Ce triple objectif devra donc s'appliquer aux relations franco-turques qui s'étaient visiblement détériorées depuis déjà une bonne décennie. En effet, l'année 2007 constitue un tournant négatif réciproque et simultané avec, aussi bien le pavé dans la mare lancée par le Président Sarkozy déclarant que la Turquie n'appartenait pas à la civilisation européenne et donc n'avait pas sa place dans l'Union européenne, que la théorie de la *profondeur stratégique* lancée par l'ancien Ministre des Affaires Étrangères et PM turc, le Professeur Davutoğlu prônant le retour de la Turquie à ses racines historiques et géographiques régionales, à savoir une priorité relationnelle absolue accordée aux anciennes provinces ottomanes au Moyen Orient, dans le Caucase et les Balkans. L'identitaire allait ainsi prévaloir par rapport au volontaire, bloquant les horizons d'une européanisation pourtant entreprise depuis le 19ème siècle ottoman. Suivra une décennie marquée par l'émergence progressive d'une Europe-forteresse avec la France au premier plan et d'une Turquie en proie à une Moyen-orientalisation et une Eurasianisation -rapprochement avec les puissances voisines eurasiennes non-démocratiques- à toute allure, aux niveaux du discours et de la pratique. Bref, un éloignement mutuel, bien qu'entrecoupé de quelques trêves diplomatiques.

* **Reçu:** 07.03.2025 ; **Révisé:** 23.03.2025 ; **Accepté:** 21.04.2025

† Université Galatasaray (professeur en retraite), ORCID: 0000-0002-1228-4106, fturkmen@gsu.edu.tr.

Aujourd'hui où la conjoncture internationale ne permet à aucune puissance de s'enfermer dans un rejet exclusif de l'Autre, la France et la Turquie semblent avoir forcément dépassé les polémiques publiques présidentielles et se ménagent mutuellement davantage, en attendant des jours meilleurs. Le Rapport du Sénat semble donc être un instrument parfaitement adapté pour faire le point des relations bilatérales avant de se lancer dans l'exploration du possible. Cela, compte tenu de l'hypothèse que ce document émanerait d'un consensus plus large dépassant les confins du seul Sénat et qu'il reflèterait, également de la part du gouvernement français, une volonté de rapprochement dans le cadre actuel favorisant une coopération sécuritaire bilatérale. Il pourrait donc s'agir d'un premier pas vers un dialogue concret dans ce sens, avec une priorisation nouvelle, mettant les contentieux d'antan en arrière-plan.

Il nous semble donc pertinent d'entreprendre, dans une première partie, une présentation dudit Rapport dans ses grandes lignes pour en aborder ensuite une lecture basée sur l'arrière-plan historique -aussi brève soit-elle; une conceptualisation à travers le transactionnel -pour voir comment poursuivre les intérêts mutuels des deux pays malgré les obstacles existants- et le transnational- au travers d'un dialogue multi-niveau engageant la société civile; pour finalement aboutir à la conjoncture internationale actuelle qui, inévitablement, aura un impact sur la relation franco-turque. L'objectif devrait être d'en retirer le meilleur possible envers et contre tout.

1. Un état des lieux lucide

Composé de trois grandes parties chacune subdivisée en deux sous-parties, le Rapport aborde, respectivement, les relations de la Turquie avec l'OTAN, l'Union européenne, et la France elle-même. En annexe, se trouve le procès-verbal de la discussion en commission avec la participation de tous ses 50 membres, ce qui permet d'élargir les points de vue exposés dans le texte.

Première Partie : "Un allié essentiel mais parfois incertain au sein de l'OTAN"

Sans prétendre à une analyse scientifique du discours, on constate que le ton est donné dès le choix des mots dans ce premier sous-titre: celui de la mesure et de la prudence, sans perdre de vue les deux facettes d'une même réalité. En effet, la première sous-partie souligne l'importance de ce membre pour l'OTAN, à travers la défense assurée de son flanc du sud-est; l'existence de la base aérienne d'Incirlik pour les opérations régionales de l'Alliance et son dépôt de bombes thermonucléaires B-61 américaines; la présence du quartier général terrestre LANDCOM à Izmir où se trouve basé un contingent français, tous ces éléments s'ajoutent au fait que l'armée turque constitue la seconde plus grande armée de l'Alliance, après celle des États Unis -un point omis par le Rapport! Cependant, le Rapport souligne l'importance accrue de la Turquie dans le contexte de la guerre d'Ukraine, en raison de ses bonnes relations avec Kiev ainsi que de son dialogue avec Moscou. Cela ne l'empêcha pas de mettre en œuvre les dispositions de la Convention de Montreux de 1936, fermant les Détroits dès le début des hostilités en 2022 et refusant à 28 reprises l'accès aux navires de guerre russes, tout en contribuant à la création d'un corridor maritime sûr pour les exportations céréalières ukrainiennes. Autant de points de convergence avec ses alliés.

La deuxième sous-partie, consacrée aux "responsabilités nouvelles de la Turquie dans la région" aborde, cependant, les points de divergence apparus dans les relations OTAN-Turquie depuis quelques années. L'achat turc du système de missiles sol-air S-400 de Russie en 2017 "vécu comme une entorse à la cohérence militaire de l'Alliance"¹ à cause de a) l'incompatibilité avec le système d'armements de l'OTAN et b) les grands risques encourus au niveau de l'infiltration d'informations technologiques sensibles par la Russie, aboutit à une détérioration des relations avec les États Unis en tant que leader de l'OTAN et allié stratégique principal depuis la doctrine Truman de 1947. S'ensuivirent l'exclusion de la Turquie du programme de développement du chasseur américain F-35 et des sanctions imposées à partir de 2020, y compris l'arrêt des

¹ Sénat: 2025, p.8.

exportations d'armes envers ce pays. Autre point de friction: le blocage par la Turquie des demandes d'adhésion de la Finlande et de la Suède à l'OTAN -alarmées par la menace russe- à cause de leur accueil depuis longtemps favorable aux réfugiés politiques appartenant au mouvement séparatiste kurde PKK. Le blocage qui dura jusqu'en 2023 pour la Finlande et 2024 pour la Suède et levé à la suite de négociations ardues avec les deux pays, eût pour effet l'approfondissement des doutes quant à l'attitude turque envers l'alliance transatlantique, ainsi que le souligne le Rapport. Cette sous-partie, focalisée sur ces épisodes ponctuels récents, laisse entendre par son sous-titre "un allié conscient de son influence géopolitique croissante" qu'il s'agit d'une affirmation d'identité régionale progressive de la part de la Turquie et qui, au fait, s'inscrit dans un contexte plus large de politique étrangère pro-active menée également en Méditerranée et au Moyen Orient. A cet effet, le Rapport mentionne le nouveau projet datant de 2013 et intitulé la Patrie bleue (*Mavi Vatan*) en vue des revendications turques de souveraineté sur le plateau continental égéen et les droits de forage au large de la Méditerranée orientale, cause additionnelle de friction avec la Grèce -et d'ailleurs avec le reste de l'Union européenne et les États Unis à cette époque, bien que le Rapport ne mentionne pas ces deux dans ce contexte précis. Au contraire, il se félicite du réchauffement des relations avec Athènes, tout en indiquant que les revendications turques restent valables, ainsi que l'éloignement palpable de la Turquie du projet de l'ONU sur la cohabitation fédérale à Chypre, en faveur de la proclamation d'un État indépendant turc au Nord de l'île.

Toujours dans le cadre d'une politique régionale affirmée, le Rapport constate avec satisfaction l'appui d'Ankara envers un accord de paix entre l'Arménie et l'Azerbaïdjan à la suite de la guerre qui les a opposés et durant laquelle le soutien militaire et logistique turc fut crucial dans la victoire de Bakou. Finalement, est abordé le sujet de la Syrie, question stratégique pour la Turquie, aussi bien à cause de la présence de 3,5 millions de réfugiés syriens qu'elle accueille sur son sol depuis le début de la guerre civile, que celle du groupe armé kurde PYD/YPG basé au nord de la Syrie, et qui constitue une menace sécuritaire. Le Rapport, déclare d'une part que, "la délégation sénatoriale a pris acte de l'attachement de la Turquie à l'intégrité territoriale de la Syrie et souscrit à la préoccupation des autorités turques d'assurer la sécurité à ses propres frontières", mais d'autre part "n'oublie pas non plus de rappeler le rôle joué par les forces kurdes syriennes pour lutter contre DAESH et le régime de Bachar El-Assad et la nécessité de permettre à toutes les communautés de concourir au fonctionnement des nouvelles institutions syriennes"². Il est clair que ce paragraphe peut être considéré comme un exemple de circonspection diplomatique en matière de formulation de priorités divergentes tout en laissant la porte ouverte sur un possible terrain d'entente.

Deuxième Partie: "Un partenaire important pour l'Union Européenne dans le cadre d'une relation à clarifier"

Dans le même esprit, le sous-titre reflète la nature dichotomique de cette relation: importante mais problématique, et ce dernier, plus qu'avec l'OTAN. Une première sous-partie, consacrée à la "stabilité et au développement de la Turquie" est un tour d'horizon de la situation politique et institutionnelle du pays, faisant le juste équilibre entre "le pluralisme politique qui demeure une réalité dans la société turque comme l'illustre le succès de l'opposition aux élections locales" et les controverses entourant l'indépendance du judiciaire et la liberté d'expression, "également de la part des différents responsables politiques turcs"³. En effet, la délégation sénatoriale s'étant entretenu avec les représentants du parti majeur de l'opposition, le CHP, fait part de l'intention de celui-ci de "tourner le visage de la Turquie vers l'Europe" davantage, "mettre un terme à ce qu'ils estiment être l'imprévisibilité actuelle de la Turquie" et de créer un cercle de la Paix autour de la Turquie afin d'apporter la stabilité en Méditerranée, au Proche Orient et dans le Caucase"⁴. Mention n'est pas faite du virage pourtant pris dans le même sens par le gouvernement depuis un certain temps, tel

² Sénat: 2025, p.11.

³ Sénat: 2025, p.12-13.

⁴ Sénat: 2025, p.13.

qu'indiqué au niveau du discours et des démarches entrepris en politique étrangère. Il est en revanche dit que "concernant la relation franco-turque, le CHP appelle de ses vœux davantage de coopérations et moins de concurrence avec une Turquie démocratique, laïque, européenne et prévisible"⁵, indiquant par ce biais ses intentions et projets politiques éventuels à qui veut l'entendre.

Dans le cadre de la relation bilatérale, le Rapport fait également état des relations économiques bilatérales qui demeurent dynamiques avec des échanges commerciaux s'élevant à \$21,9 milliards mais restent bien inférieures à celles existant avec l'Allemagne. Il y est indiqué que l'aéronautique constitue le principal poste d'exportation vers la Turquie suivi de produits chimiques et de l'automobile, tandis que la France importe principalement des véhicules automobiles et des produits textiles. Un appel aux entreprises françaises à investir le marché turc est justifié dans le Rapport par le développement de son économie malgré les difficultés actuelles encourues⁶. Ce qui, d'après nous, constituerait un terrain à exploiter, surtout de nos jours où les marchés mondiaux risquent d'être ravagés par l'ouragan des tarifs Trumpiens !

La seconde sous-partie, consacrée à "une relation unique à consolider entre la Turquie et l'Union européenne", aborde deux points problématiques majeurs identifiés par les auteurs, suivant un bref aperçu sur l'historique des relations Turquie-UE qui remontent à 1963, en passant par l'Union douanière en 1996, pour aboutir au statut de pays candidat en 1999 et qui ont stagné depuis 2005 où les négociations d'adhésion commencèrent. La stagnation finit par un arrêt dû, justement, à ces deux points relevés dans le Rapport, à savoir "la situation de l'État de droit en Turquie et l'évolution des opinions publiques tant en Europe qu'en Turquie"⁷. Par rapport au premier point, le Rapport est explicite: le projet politique poursuivi par le pays est jugé contradictoire sur plusieurs aspects avec l'objectif d'adhésion réaffirmé par les autorités turques, tandis que les opinions publiques d'un nombre croissant d'États européens sont considérées moins favorables à l'adhésion de la Turquie, fait regretté par les responsables turcs qui le jugent comme un manque de vision stratégique de la part de l'Union européenne⁸. Il n'est pas fait mention du contexte européen plus général, en proie à la montée de l'extrême-droite et de l'islamophobie, nourrie à son tour par le terrorisme radical depuis les attaques du 11 Septembre 2001, et aussi par le phénomène migratoire que l'Europe a du mal à absorber. En ce qui concerne ce dernier point, la coopération entre l'Union et la Turquie est notée avec satisfaction pour, justement, l'accueil des réfugiés régionaux par la Turquie en échange d'un accord de réadmission des migrants en situation irrégulière partis du territoire turc, accord accompagné d'une aide financière européenne de €6 milliards depuis 2016 à laquelle est venue s'ajouter la somme de €3 milliards pour la période 2021-2023⁹. L'écart entre ces sommes et ce que la Turquie dépense pour les réfugiés est par ailleurs évident, sans toutefois être relevé par le Rapport. Bien que le soutien financier européen soit insuffisant, la Turquie souhaiterait sa reconduction ainsi que les membres de la délégation sénatoriale qui auraient des recommandations spécifiques pour la gestion de la migration y compris celle des citoyens turcs¹⁰.

Toujours abordé dans le cadre des discussions concernant les relations Turquie-UE, la guerre en Ukraine donna lieu à des échanges francs entre les deux parties. Au Président de la commission de la défense du Parlement turc qui argua que "si l'UE avait réagi à l'occupation de la Crimée et de l'Ossétie, on n'en serait peut-être pas là", les sénateurs firent part de leur constat de la nécessité d'une mobilisation urgente des pays européens en matière de conflits sur leur continent¹¹. La situation à laquelle on a abouti par la suite, y compris l'échange public sans précédent entre les Présidents Trump et

⁵ Sénat: 2025, *ibid*.

⁶ Sénat: 2025, p.13-14.

⁷ Sénat: 2025, p.14.

⁸ Sénat: 2025, *ibid*.

⁹ Sénat: 2025, p.15.

¹⁰ Sénat: 2025, p.16.

¹¹ Sénat: 2025, p.16.

Zelensky à la Maison Blanche en date du 28 Février, prouve la pertinence, hélas tardive, de ces échanges !

Troisième Partie: “Un compétiteur stratégique de la France soucieux de son identité, de son influence et de ses intérêts”

La nouvelle dynamique d’une relation bilatérale qui resta longtemps stable et uniforme -parce qu’absorbée dans le contexte bipolaire de la Guerre Froide- s’impose d’emblée par la constatation ci-dessus, qui est bien plus qu’un sous-titre. En effet, dans la nouvelle donne, le bilatéral prévalant sur le bipolaire, les points de divergence et de convergence entre les capitales respectives ont émergé de façon plus claire et nette. Certains préexistaient déjà mais restaient au second plan, tandis d’autres pointent vers des terrains de compétition nouvellement apparus. En ce qui concerne la France et la Turquie, le résultat en fut “un dialogue en perte de vitesse” comme l’indique le Rapport, d’où le déplacement de la délégation sénatoriale française afin de le relancer, vu l’ancienneté et l’importance mutuelle attachée à ces relations.

Dans la première sous-partie consacrée à une réflexion sur ce dialogue, le Rapport s’emploie à identifier d’abord les griefs nourris par Ankara envers Paris, à savoir a) les positions prises par le Parlement français au sujet de la question arménienne -et celle, nouvellement ajoutée, assyro-chaldéenne- en les reconnaissant officiellement comme des génocides perpétrés par la Turquie et en pénalisant leur négation, ce à quoi la Turquie répond: “ce n’est pas le rôle des Parlements de juger des questions historiques”; b) le soutien français à l’Arménie lorsqu’elle occupait le Haut-Karabagh appartenant au territoire d’Azerbaïdjan, allié traditionnel de la Turquie; c) le soutien à la Grèce et à la République de Chypre dans son différend avec les chypriotes turcs du Nord; et d) la situation en Afrique¹², ce dernier point étant une épine récente dans les relations qui ont acquis un nouvel aspect: celui de la compétition géostratégique entre une vieille puissance coloniale et une puissance régionale émergente. Prenant acte de ces points de divergence, la délégation a en revanche formulé les souhaits suivants: voir une Turquie qui contribuerait davantage à la solidité de l’Alliance atlantique, qui continuerait à coopérer avec l’Europe en matière migratoire, surtout par rapport à la Syrie et qui valoriserait ses ressources maritimes dans le respect du droit international¹³. Autrement dit, on demande à la Turquie d’être moins ambiguë dans sa politique envers l’OTAN, de continuer à garder les réfugiés syriens susceptibles de se rendre en Europe, sur son sol; et de ne pas développer son projet “Patrie bleue” en Méditerranée orientale à l’encontre des dispositions du droit de la mer. Par ailleurs, il est souligné que tous ces points de divergence ont conduit l’opinion publique turque -surtout la grande partie non connectée à l’Europe- à développer des préjugés contre la France reflétés par les médias turcs et qui nuisent aux rapports économiques et culturels. Une triple stratégie médiatique, institutionnelle et culturelle devrait être mise au point par la France pour y pourvoir, selon le Rapport l¹⁴.

À la suite de ces constats qui, en soi, constituent autant de défis pour les relations bilatérales, la seconde sous-partie appelle à “une nouvelle dynamique franco-turque” pour y répondre, soit en coopérant dans l’approche aux problèmes communs à affronter en dehors du bilatéral, soit en créant une atmosphère de confiance mutuelle à travers divers terrains de coopération, quitte à contourner ou différer les divergences sclérosées. Une première recommandation dans ce sens est de développer les échanges culturels locaux avec l’appui des personnalités locales et autour des institutions et cercles francophones et francophiles comme à Izmir¹⁵.

¹² Sénat: 2025, p.17.

¹³ Sénat: 2025, *ibid*.

¹⁴ Sénat: 2025, p.18.

¹⁵ Sénat: 2025, p.18.

Lors de la discussion sur les nouvelles restrictions imposées à l'inscription des élèves turcs aux écoles françaises sans équivalence en Turquie comme Pierre Loti à Istanbul et Charles de Gaulle à Ankara, il est reporté que le problème découle de la non-réciprocité selon les autorités turques, vu les obstacles rencontrés dans la création d'établissements d'enseignement turcs en France¹⁶. Il est évident que le problème d'équivalence existant depuis plusieurs décennies déjà, aurait pu être résolu par les deux parties bien avant, plutôt que d'être mutuellement marginalisé, pour aboutir aujourd'hui à un bras de fer politique qui nuit avant tout aux élèves et à leurs familles. En conclusion, la délégation sénatoriale a souligné "l'importance des établissements d'enseignement français pour l'avenir du dialogue franco-turc et leur souhait qu'un accord puisse être trouvé afin de préserver l'accès le plus large possible à cet enseignement."¹⁷.

Outre la coopération éducative et culturelle, il est recommandé de reprendre le dialogue suspendu et les investissements en matière de défense à travers les échanges avec la Délégation Générale pour l'Armement, vu la nécessité de renforcer les capacités industrielles des pays membres de l'OTAN et les niveaux d'expertise respectifs turc et français en industrie de défense -et qui a pu être constaté par la délégation sénatoriale lors de sa visite des centres industriels de défense turcs. A cet effet, le Rapport souligne "le rôle que pourrait jouer la diplomatie parlementaire dans l'approfondissement de ce dialogue en lien avec le ministère des armées et les industries concernées"¹⁸.

En dernier lieu est abordé la question d'une approche coordonnée aux conflits en cours. En effet, il est indiqué que la France et la Turquie partagent les mêmes vues sur l'Ukraine et Gaza, appelant à la cessation des hostilités et l'établissement d'une paix juste, équitable et durable (bien qu'ils divergent au sujet du soutien à Israël). Le Rapport finit par aborder la Syrie, dont l'intégrité territoriale, la stabilité et le redressement important aussi bien pour la France, ancienne puissance d'influence, que pour la Turquie, nouvelle puissance d'influence dans le pays, vu ses liens privilégiés avec le gouvernement post-Assad. Appel est donc fait en vue d'une coopération dans la lutte contre DAESH, déjà entreprise par chacune des deux parties, et d'une action coordonnée des entreprises turques et françaises à envisager dans de nombreux secteurs comme l'énergie, le transport, l'eau, l'agriculture, la santé, autant de secteurs de prédilection pour chacun¹⁹.

L'examen en commission en annexe du Rapport révèle une discussion riche où l'accord prévaut sur le désaccord, malgré certaines critiques dirigées vers la situation politique en cours en Turquie qui rendrait "le Rapport un peu idyllique" pour en citer un membre²⁰. Pour finir, la conclusion du rapporteur, M. Christian Cambon, semblerait juste et pertinent: "le Rapport souligne les points de convergence sans pour autant faire l'impasse sur les divergences"²¹.

2. ...et sa mise en perspective tridimensionnelle

Il est clair que le récent Rapport d'Information dont nous venons de présenter les grandes lignes peut constituer un premier pas, sinon une feuille de route dans la reconstruction du dialogue franco-turc, aux niveaux tant bilatéraux que multilatéraux. Il serait donc plus que pertinent d'accorder sa juste valeur à ce document dont le sort final ne devrait pas être le catalogue des expressions de bonne volonté, ce dont les archives des chancelleries débordent. Et comme le principe ne veut rien dire sans la pratique, commençons, avant de le mettre en exécution, par essayer de comprendre la signification particulière de ce texte par rapport au passé, à la lumière des concepts principaux qui aient pu l'inspirer, et finalement, dans la conjoncture internationale actuelle, mûre de défis et d'opportunités pour qui veut les saisir.

¹⁶ Sénat: 2025, *ibid*.

¹⁷ Sénat: 2025, p.19.

¹⁸ Sénat: 2025, *ibid*.

¹⁹ Sénat: 2025, p.21.

²⁰ Sénat: 2025, p.35.

²¹ Sénat: 2025, *ibid*.

Bref aperçu historique

On ne peut gérer le présent et encore moins se projeter vers l'avenir, sans connaître le passé. Ainsi s'impose un bref aperçu sur le passé entre la France et la Turquie dont les premières relations diplomatiques remontent quand même à 1484, sans parler du premier Traité d'Alliance -devenu légendaire- entre François Ier et Soliman le Magnifique, paraphé en 1536, ainsi que le Rapport le mentionne au début²²! Il ne faudrait pas oublier non plus, et ce malgré une alternance entre fluctuations et périodes d'accalmie politiques entre ce Royaume et cet Empire tout au long des siècles, la grande influence culturelle et intellectuelle de la France sur les élites ottomanes, d'abord par ses institutions culturelles, à savoir les écoles congrégationalistes françaises présentes sur le sol ottoman dès le 18^{ème} siècle, mais surtout à partir de la Révolution française qui introduisit les valeurs universelles comme la liberté, l'égalité, les droits de l'homme au sein de ce pays. Ces valeurs, non seulement sources d'inspiration des premiers mouvements ottomans de réforme au 19^{ème} siècle, inspireront également la jeune République turque.

Le point de départ des relations bilatérales entre la Turquie et la France se situe, en ce qui concerne l'époque contemporaine, déjà au niveau des contacts établis entre Paris et Ankara durant la Guerre d'Indépendance turque -alors que la France et l'Empire ottoman continuent d'appartenir aux camps adverses dans le contexte de la Première Guerre Mondiale. Les facteurs respectifs qui ont poussé les parties à établir ce dialogue pourraient être identifiés comme suit: du côté français, une lucidité qui avait permis de réaliser que le monde ottoman appartenait déjà au passé tandis que le mouvement de Mustafa Kemal représentait l'avenir; le danger bolchévique qui pointait à l'horizon et auquel il ne fallait pas abandonner ce jeune mouvement que Lénine louvoyait; l'importance du monde musulman pour la puissance colonisatrice qu'était la France d'alors et qui visait à ménager les populations de l'Afrique du Nord par le biais du soutien à la révolution dans un pays musulman. Du côté turc, il s'agissait du pragmatisme légendaire de Mustafa Kemal qui ne dogmatisait absolument pas sur le fait que la Turquie fût en guerre avec la France, se démarquant d'ailleurs totalement de l'Empire et recherchant la légitimation de son mouvement auprès d'une puissance majeure; l'affirmation de son occidentalisme; et ce choix particulier qui reflétait quand même quelque part l'influence de la culture francophone à laquelle il avait été exposé dès ses années d'Académie Militaire puis lors d'une visite en France -notamment les manœuvres militaires de Picardie en 1910 et ses lectures personnelles et littéraires²³. Ce contexte de bon sens et d'affinités mutuels qui se poursuivait tout au long de la Guerre d'Indépendance aboutira à l'Accord d'Ankara de 1921 négocié et conclu entre Mustafa Kemal et Franklin-Bouillon et premier document international conférant une légitimité au gouvernement de la Grande Assemblée Nationale de Turquie. À la suite de la proclamation de la République turque en 1923 et la ratification par la France du Traité de Lausanne, les différends survenus au sujet des questions financières et économiques, la situation des institutions religieuses, scolaires, sanitaires et de bienfaisance française en Turquie, ainsi que la frontière turco-syrienne furent résolus au fur et à mesure à travers des traités bilatéraux conclus tout au long des années 30. Avec la conclusion, en 1939, du Traité d'Assistance Mutuelle, un traité de défense et de sécurité entre la France, la Grande Bretagne et la Turquie et second plus important document remplaçant la coopération dans le domaine de la stratégie et de la défense, cette dernière deviendra "une alliée non-belligérante". Avec la libération et le retour en France du Général de Gaulle, leader militaire et politique légendaire du pays pendant la Seconde Guerre Mondiale, la Turquie reconnaîtra d'abord *de facto* puis *de jure*, le nouveau gouvernement français le 25 Octobre 1944²⁴.

²² Sénat: 2025, p.16.

²³ Türkmen: 2018, p 2-3.

²⁴ Soysal: 1986.

Jusqu'à la fondation de la Vème République, le soutien mutuel continue sur le plan politico-diplomatique: la France soutient la Turquie dans la gestion de la menace soviétique, aide la Turquie pour le paiement de ses dettes dans le cadre de l'OCDE; appuie l'adhésion de celle-ci au Conseil de l'Europe et par la suite, ne présente aucune objection à son entrée à l'OTAN. Quant à la Turquie, elle soutiendra la France et ses alliés lors de la création de la Commission de Conciliation de Palestine, de l'épisode d'indépendance de l'Algérie, et de la crise de Suez. Il faudra souligner qu'il s'agissait là d'une politique pro-occidentale en général, ce qui caractérisait la politique étrangère de la Turquie en pleine Guerre Froide malgré le risque d'impopularité encouru -et rencontré- par Ankara dans la région. Cette longue période de coopération a eu sa consécration avec la visite en Turquie, en 1968, du Général de Gaulle, apogée des relations franco-turques et qui ne sera jamais dépassée dans son symbolisme ni dans sa signification. Et ce, à cause de plusieurs facteurs tels que la conscience mutuelle de l'équilibre géostratégique entre les deux pays; l'approche lucide et équitable du Général au problème de Chypre; la quête simultanée d'une politique plus indépendante envers les États Unis -en France après la crise de Suez et le départ de l'aile militaire de l'OTAN, et en Turquie suite à la crise de Chypre et la lettre d'ultimatum du Président américain Johnson à la Turquie; la perception gaullienne du renouveau national de la Turquie d'Atatürk ainsi que la place qu'occupait de Gaulle dans l'imaginaire collectif turc en tant que héros de guerre et représentant de cette France, perçue comme première référence de la civilisation occidentale depuis des siècles²⁵. Il suffit de lire son discours d'Ankara du 28 Octobre 1968 qui reflète toutes les affinités et compatibilités de l'époque entre les deux pays²⁶.

Les choses commencèrent à changer à partir des années 70, où la France s'opposa à l'intervention militaire turque de 1974 à Chypre -surtout à la seconde phase; accorda son soutien à la thèse du génocide arménien sous l'influence d'une substantielle diaspora arménienne et malgré les attaques terroristes de l'organisation arménienne ASALA contre les diplomates turcs; et s'appropriä le problème kurde et celui, en général, des droits de l'homme en Turquie à partir de l'intervention militaire de 1980, y compris au sein du Conseil de l'Europe où elle fit partie d'un procès inter-étatique contre la Turquie, intenté à la Cour européenne des droits de l'homme en 1982. A partir des années 90, avec la fin de la Guerre Froide et donc la dissipation de la solidarité atlantique contre la menace soviétique commune, les relations bilatérales entrèrent une période de fluctuations composée plutôt de bas que de hauts avec, toujours, les questions arménienne, kurde, chypriote et des droits de l'homme en arrière-plan. Les années 2000 furent marquées par la quête d'adhésion de la Turquie devenue candidate à l'Union européenne et où la mise en œuvre insuffisante des critères de Copenhague constitua le blocage majeur avec celui de la question de Chypre. Les attaques terroristes du 11 Septembre 2001 ne contribuèrent pas à la situation de la Turquie, au contraire, puisque son appartenance civilisationnelle européenne fut pour la première fois ouverte au débat en France par le Président Sarkozy à partir de 2007, dans un esprit d'exclusion définitive. Sa proposition d'Union pour la Méditerranée comme alternative ne trouvera pas grâce aux yeux de la Turquie. Le changement d'axe vers l'Est et le Moyen Orient survenu dans la politique étrangère turque coïncida avec cette période, combinant réaction et idéologisation. Plus tard, viendra s'y s'ajouter le manque d'affinités personnelles entre les Présidents Erdoğan et Macron que tout semble opposer depuis le début, sans compter les propos du premier qui fermaient définitivement les portes de l'UE à la Turquie, non pour des raisons identitaires mais d'incompatibilité politique avec les valeurs de l'Union, lors de la visite en 2018 du Président Erdoğan en France. On pourrait dire que la seule trêve diplomatique de haut niveau durant ces années fut la visite, en 2014, du Président François Hollande en Turquie - qui visita également l'Université Galatasaray. Bien plus récemment, plusieurs questions ont continué à opposer Paris et Ankara au sein également de l'OTAN -depuis le projet de la Patrie bleue en Méditerranée, au blocage turc des adhésions suédoise et finlandaise. Aujourd'hui, conscientes des enjeux et défis stratégique, politique et économique globaux qui s'imposent lourdement, et dépourvues du luxe d'un divorce politique, les deux puissances n'ont pas d'autre choix que de

²⁵ Türkmen: 2018, p 7.

²⁶ De Gaulle: 1970, p.182-183.

dépasser les tensions et retrouver le chemin du dialogue, à commencer par le cadre des rapports bilatéraux, conformément à la direction suggérée par le Rapport du Sénat.

Grille conceptuelle

Cet arrière-plan révèle un point important dans les relations franco-turques ainsi que franco-européennes actuelles: la politisation de la candidature turque dans les contextes nationaux et communautaires, enflammés par l'islamophobie et le sentiment anti-immigré. Le père spirituel de cette politisation est sans aucun doute, Valéry Giscard d'Estaing, ancien Président de la République, et qui lança le débat dans un entretien au journal *Le Monde* en 2002 lorsqu'il présidait la Convention sur l'avenir de l'Europe²⁷. Le débat occupa également une place prépondérante dans la campagne pour la Constitution européenne durant laquelle l'aile politique de gauche en France s'en empara en la personne de M. Laurent Fabius qui s'érigea, lui aussi, en opposant résolu à l'adhésion de la Turquie à l'Union. Depuis, et avec l'aide d'une médiatisation sans répit, la question identitaire de l'appartenance sera reprise à tous les niveaux, par divers acteurs et à travers divers instruments à toutes les échéances électorales en France²⁸. Ce qui a fini par servir en Turquie la cause des euro-sceptiques, eurasianistes et anti-occidentaux autoritaires de tous bords, en facilitant l'abandon des réformes pourtant lancées avec beaucoup d'enthousiasme par le premier gouvernement Erdoğan. Il y eut quand même des défenseurs de l'adhésion en France, tel l'ancien Premier Ministre Michel Rocard, qui justement, pensait qu'il s'agissait d'une opportunité inouïe afin d'intégrer une nation musulmane dans les valeurs européennes, et non la condamner à l'exclusion identitaire, ce qui serait une erreur stratégique²⁹. Il ira jusqu'à dire: "L'Europe politique est morte"³⁰. Point de vue qui coïncide avec les propos actuels du Président de la Commission des affaires étrangères du Parlement turc, M. Fuat Oktay: "L'Union européenne n'a pas de vision stratégique sur la Turquie."³¹. Pourtant, en ces jours où l'Europe est dans une quête quasi- frénétique de stratégie en général, il en faudrait une. Et comme l'inclusion éventuelle de la Turquie dans une telle stratégie ne serait ni facile ni rapide, en son absence il serait pertinent de conceptualiser ce qui est déjà en cours *de facto*, à savoir le transactionnel et le transnational.

En ce qui concerne le premier, qui s'est imposé à échelle globale à partir de 2016 avec le premier avènement de Donald Trump, on pourrait le définir de façon simple comme la conduite de la politique étrangère en fonction d'intérêts nationaux étroitement définis et à travers des échanges pragmatiques et ponctuels basés sur le court terme et axés autour de la problématique de la puissance, plutôt qu'en fonction d'une vision stratégique à long terme ou un contexte normatif partagé³². Or, il est évident que non seulement une vision stratégique fait actuellement défaut dans le cadre des relations avec l'Europe, tel que déjà mentionné, mais le contexte normatif qui fait partie des exigences européennes et des engagements turcs depuis le début du processus d'adhésion en 2005 semble abandonné. La Turquie a arrêté ses efforts de réforme depuis longtemps, ce qui l'a plongée dans la régression démocratique, et l'Europe se contente de négocier avec elle sur la question de l'immigration qui lui pose problème, moyennant compensation. Selon certains auteurs, la Turquie serait passée par trois phases dans ses relations avec l'Union: l'euphorisation, l'euphorisation sélective, et la déeuphorisation³³, c'est à dire les réformes, le ralentissement des réformes et l'abandon des réformes au profit

²⁷ L'interview phare en la matière s'intitulait "La Turquie n'est pas un pays européen", *Le Monde*, 09/02/02, tel que cité par Visier.

²⁸ Visier: 2009, p.2.

²⁹ Rocard: 2008, p.152.

³⁰ M. Rocard y rédigea lui-même un article intitulé "Du bon usage de l'Europe sans âme", *Le Monde*, 27/11/03 également cité par Visier. Ainsi *Le Monde* se transforma en plateforme du débat.

³¹ Sénat: 2025, p.14.

³² Kardaş et Ünlühisarcıklı: 2020-21, p.73.

³³ Aydın-Düzgüt et Kaliber: 2016.

d'une politique étrangère idéologisée et civilisationnelle, entre 2011 et 2016. Le transactionalisme se serait justement imposé comme quatrième phase à partir de 2016 avec l'accord turco-européen sur le maintien des réfugiés syriens sur son sol en échange de €3 milliards tous les deux ans, marquant un tournant dans la politique étrangère turque, dans les relations Turquie-UE et en phase avec le reste du monde³⁴. Les caractéristiques du transactionalisme tel qu'il est exercé dans les relations internationales en général s'appliquent également dans ce contexte en particulier avec, pour centre de gravité, la dégradation délibérée du multilatéralisme en faveur du bilatéralisme et en second lieu, le rejet du cadre des institutions internationales et de l'ordre international libéral considérés comme autant d'obstacles dans l'exercice de l'intérêt national. Par conséquent, une seconde caractéristique est le rejet d'une politique étrangère axée sur les valeurs pour les mêmes raisons. Les stratégies à long terme sont sacrifiées au court terme et à l'avantage immédiat, beaucoup plus faciles à gérer et sans engagement dans le temporel. Finalement, le transactionalisme est étroitement lié aux questions de politique domestique, elle-même soumise au populisme des leaders³⁵. Donc, toujours selon ces auteurs, il n'est pas étonnant que depuis 2016, la politique étrangère turque ait pris un tournant plus indépendant envers le multilatéral, s'éloignant de l'UE, critiquant les Nations Unies et imposant ses termes à l'OTAN. En outre, elle entreprit des rapprochements à part, nonobstant ses engagements institutionnels, comme avec la Russie dont elle acheta des missiles S-400 créant l'inquiétude au sein de l'Alliance Atlantique, ou encore commença à aspirer à une domination régionale en référence aux liens historiques et culturels, ce qui ne fut pas nécessairement accueilli avec enthousiasme dans la région. Ces politiques, abondamment publicisées à l'interne, devinrent, en outre, une carte de popularité pour les dirigeants.

Cependant, une transformation semble être en cours depuis 2022, sous la triple influence de la grave crise économique interne, la guerre d'Ukraine, et les nouveaux alignements au Moyen Orient³⁶. En effet, les exigences de la crise et des besoins d'investissements étrangers, la réalisation que la Russie ne peut pas être un "partenaire stratégique" tel que certains dirigeants voulaient le croire, et finalement l'alignement des pays du Golfe pour contre-carrer "l'axe de résistance" shiite sans nécessairement avoir la Turquie à leurs côtés, ont conduit vers une politique plus circonspecte de la part d'Ankara désormais plus ouvert à la coopération avec ses partenaires traditionnels. Ce retour sur soi ne peut bien entendu donner des résultats immédiats – ou des résultats tout court- vu l'impact de l'éloignement et donc une certaine perte de confiance mutuelle entretemps avec ceux-ci. Par conséquent, il faudra effectuer une recalibration du transactionalisme en cours, en choisissant et tempérant certains de ses termes, sinon performant un tri entre les aspects négatifs et positifs de cette approche. Kardaş et Ünlühisarcıklı en proposent une version qu'ils ont baptisé "transactionalisme structurel" et qui différencie entre a) les questions de substance primaires et secondaires et b) les domaines de convergence, de négociation et de divergence à gérer³⁷, dans le cadre de leur réflexion sur la relation sécuritaire Turquie-États Unis.

Ce type de semi-transactionalisme contrôlé pourrait également être appliqué dans le contexte Turquie-UE, en passant par le renforcement des relations bilatérales - domaine positif à condition de ne pas sacrifier entièrement le multilatéral- avec certains de ses membres, dont notamment la France, vu l'ancienneté des liens, un partenariat économique et culturel déjà développé mais qui devrait l'être encore davantage, et ultime défi, plusieurs questions épineuses qui restent à résoudre sinon à contourner dans un esprit de pragmatisme constructif. Les méthodes-mêmes de diplomatie transactionnelle pourraient être bénéfiques pour cet effort, à savoir l'inclusion des acteurs étatiques comme non-étatiques et l'utilisation des techniques comme le lobbying, la promotion économique, et la mise en œuvre des accords bilatéraux spécifiques.

³⁴ Bashirov et Yilmaz: 2020, p.176.

³⁵ Bashirov et Yilmaz: 2020, p.166-168.

³⁶ Balta: 2024, en ligne.

³⁷ Kardaş et Ünlühisarcıklı: 2020-21, p.79-80.

Ceci nous amène inévitablement à la seconde composante conceptuelle de notre problématique, à savoir le transnationalisme, théorie apparentée au globalisme mais aussi partie intégrante de la diplomatie transactionnelle. En tant que terme, le transnationalisme se réfère à des activités qui ont lieu à travers sinon au-delà des frontières nationales, transcendant la territorialité stricte. Bien qu'il ait des significations et aspects plus ou moins différents selon la discipline d'approche telle l'économie, la sociologie, ou l'anthropologie, il est évident que les politologues le considèrent comme la transformation des relations traditionnelles entre États-nations en tant que résultat des mouvements croissants des biens, services, idées et personnes³⁸. Ce qui dépasse le concept de l'État-nation territorial westphalien comme donnée principale et absolue pour le relativiser, sinon le transformer en agent régulateur. Par conséquent, les relations internationales diffèrent des relations transnationales qui viennent les compléter et parfois les défier. Afin de délimiter plus précisément le phénomène du transnationalisme, on a distingué quatre catégories d'activités à travers les frontières nationales: celles menées par les États-nations; celles menées par les institutions officielles basées dans un seul pays; celles menées par les institutions officielles opérant dans plusieurs pays; et celles menées par des acteurs non-officiels de la société civile. Les deux premières catégories sont appelées internationales, la troisième, multinationale, et la quatrième transnationale. Les activités transnationales représentent des initiatives à objectif précis et qui exigent la coordination entre les membres des sociétés civiles à travers les frontières. De par cette caractéristique, le transnationalisme est considéré comme venant "de bas" et concernant exclusivement la société civile et les individus, ainsi que leurs activités formelles et informelles³⁹.

Depuis le début du processus européen pour la Turquie, s'est en effet formé progressivement tout un réseau transnational réunissant les représentants des secteurs privés, du monde académique, culturel, ainsi que médiatique travaillant sur et œuvrant pour l'objectif de l'adhésion. Dans ce contexte général, les cercles francophones et francophiles du pays jouent un rôle limité malgré leur immense potentiel et ce, sans aucun doute à cause du contexte décourageant auquel on a fini par débarquer ainsi que des moyens limités. Le Rapport du Sénat a pertinemment abordé ce potentiel en ce qui concerne les personnalités et institutions actives à Izmir⁴⁰. Cependant, le Rapport semble comporter une grosse lacune en ce qui concerne Istanbul, centre historique de la francophonie en Turquie où siègent plusieurs écoles françaises congrégationalistes depuis le 18^{ème} siècle, ainsi que l'Université Galatasaray, seule institution académique francophone de Turquie, faisant partie d'un Consortium de coopération académique recouvrant une trentaine d'universités françaises et abritant l'une des 21 Chaires Senghor de la francophonie au monde. En outre, Istanbul abrite une communauté francophone et francophile importante dont les capacités financières et les contacts franco-européens sont considérables, sans compter sa puissance associative à travers des ONGs comme l'Institut du Bosphore créé en 2009 en vue de contribuer au développement des relations Turquie-France-Europe, et la Société des membres en Turquie de la Légion d'Honneur et de l'Ordre National du Mérite qui, bien qu'enregistrée à Ankara, compte la plupart de ses membres à Istanbul. Par conséquent, il existe là un grand potentiel de dialogue pro-actif en ce qui concerne les relations bilatérales qui en ont grandement besoin. Or, il est évident que la culture francophone n'est pas seulement une question de langue partagée, mais comme l'indique le poète et ancien Président du Sénégal Léopold Sedar Senghor, un véhicule de valeurs universelles communes. Il suffit de penser au rôle de la culture et des intellectuels dans la construction européenne, pour pouvoir concevoir celui, potentiel, qui contribuerait à aplanir, sinon amoindrir, les obstacles d'ordre identitaire d'une part et démocratique de l'autre, entre la Turquie, la France et l'Europe.

La conjoncture internationale actuelle

En ces jours où l'ordre international est en train de subir des chocs quasi-quotidiens en provenance de la Maison Blanche où le second mandat du Président Trump

³⁸ Archer: 2012, p.197.

³⁹ Tedeschi, Vorobeve et Jauhiainen: 2020, p.606.

⁴⁰ Sénat: 2025, p.18.

a commencé, un profond sentiment d'insécurité s'est emparé de l'Europe, première cible du président américain qui ne lui fournirait plus les garanties sécuritaires assurées depuis 75 ans. En effet, soit on demande aux Européens d'augmenter leurs contributions à l'OTAN -carrément mises aux enchères par Trump- sous peine d'être livrés à l'ennemi en cas d'attaque, soit on leur fait la leçon de façon cavalière depuis le podium de la Conférence de Sécurité de Munich, style Président Poutine en 2007, soit alors on essaye de forcer un allié européen agressé, l'Ukraine, à faire toutes les concessions à l'agresseur que l'on cajole ouvertement: la Russie de Poutine. Assurément, rien n'est plus comme avant et il faut réagir au son du tocsin.

Bien entendu, la nouvelle administration américaine n'est pas seulement en guerre contre ses alliés européens ou les organisations internationales ou encore le droit international et humanitaire, elle l'est également contre ses partenaires économiques et commerciaux devant lesquels elle dresse des barrages de tarifs sans précédent, contre les immigrés qu'elle poursuit sans relâche sur son sol, contre les populations pauvres du monde qui, jusqu'à présent lui devaient leur survie et se trouvent privées d'aide, et aussi contre son propre peuple qu'elle laisse sans emploi fédéral et sans sécurité sociale par centaines de milliers, d'un jour à l'autre. Et tout ça au nom de l'intérêt national sous les slogans *America First*, et *Make America Great Again*.

Quelles que soient les raisons de ces mesures extrêmes -l'esprit du temps, l'idéologie de l'exceptionnalisme américain poussée à son paroxysme, ou encore la psychopathologie de M. Trump lui-même- ce qui nous intéresse dans ce contexte précis est le domaine sécuritaire européen en proie à une menace sans précédent depuis la Seconde Guerre mondiale. Il est, d'autre part, indéniable que l'Europe n'a pas été assez pro-active dans la création d'une autonomie stratégique envers les États Unis malgré la conscience d'une telle nécessité depuis les années 50. L'échec de la Communauté européenne de défense (CED) en 1954 marquant l'abandon de l'idée de constituer une armée européenne fut suivi des années de torpeur où le parapluie sécuritaire américain permettait au Vieux Continent de dormir tranquille. La fin de la Guerre Froide et surtout le déclenchement des hostilités -et atrocités- dans les Balkans fut un signal d'alarme conduisant au Sommet franco-britannique de Saint-Malo en 1998, au Deuxième nouveau concept stratégique de l'OTAN de 1999 qui formulait, inter-alia, un appel atlantique aux responsabilités sécuritaires européennes, et à l'inclusion de la Politique Étrangère et de Sécurité Commune (PESC) dans le Traité de Nice en 2000. Les attaques terroristes du 11 Septembre 2001 furent à l'origine d'une nouvelle stratégie de défense européenne approuvée en 2003 et par la suite, de l'élaboration d'un article de défense commune, le 47.2, incorporé dans le Traité de Lisbonne de 2010. Malgré cet activisme apparent et l'existence des missions UE dans les Balkans puis en Afrique tout au long de ces années, la dépendance fondamentale et totale de l'Europe envers l'OTAN en matière de sécurité, perdure.

Or, l'aboutissement définitif de la crise ukrainienne à une victoire russe se profile à l'horizon et ce, grâce à une Amérique ayant tourné le dos à ces alliés et prête à conclure un accord direct avec la Russie sur le dos de l'Ukraine et malgré l'Europe. Cette dernière est évidemment non seulement incapable de remplacer à elle seule les États Unis dans la défense de l'Ukraine, mais se trouverait également exposée à d'autres menaces éventuelles venant de Russie surtout dans le Nord et à l'Est. D'où la recherche frénétique d'un accord atlantique commun sur l'Ukraine sous le leadership de la Grande Bretagne et le soutien de l'UE avec, aux abonnés absents, la Hongrie de Victor Orban et la Slovaquie de Robert Ficco alignés à la Russie depuis le début. Il est clair que l'Europe est en pleine crise sécuritaire et par contre, il n'est pas clair que le nouveau budget de défense de €843 milliards proposé par la Présidente de la Commission européenne Mme Ursula von der Leyen, soit approuvé par tous les membres. Là, il serait pertinent de rappeler les propos du Président Zelensky, datant du 15 Février 2025: "Certains peuvent être frustrés par Bruxelles. Mais si ce n'est pas Bruxelles, ce sera Moscou. C'est votre décision. C'est la géopolitique. C'est l'Histoire."⁴¹. Sans parler du temps et de l'effort nécessaires pour mettre à exécution un aussi grand projet, tant il fut retardé et négligé au

⁴¹ Cité par Burilkov et Wolf: 2025, en ligne.

profit des politiques de prospérité sociale, jugées prioritaires par des gouvernements soucieux de réélection et des populations habituées au confort.

C'est justement à ce tournant décisif que pourrait s'insérer une nouvelle vision européenne de la Turquie, justement la vision stratégique qui a fait défaut jusqu'à présent. Une Union dont le budget de défense totale est le tiers de celui des États Unis (dans l'ordre des \$300 milliards contre \$900 milliards en 2025) et qui aurait immédiatement besoin de 300.000 troupes de plus en cas d'agression, se devrait de reconnaître la contribution potentielle de la seconde plus grande armée de l'OTAN, avec un budget de défense augmenté à \$47 milliards pour 2025 vu les dangers environnants, des troupes rompues au combat pour des raisons de sécurité interne ainsi qu'à la participation aux forces internationales de maintien de la paix, et une industrie de la défense en pleine expansion ainsi que le souligne le Rapport du Sénat: " Les échanges menés par la délégation sénatoriale à la Présidence des industries de la défense ont permis de prendre la mesure de la diversité et de l'expertise des entreprises turques de l'armement qui permettent au pays de disposer d'un large choix de drones, missiles, roquettes, véhicules blindés. Les responsables de la Présidence des industries de défense ont, par ailleurs, indiqué que la Turquie avait la volonté de développer un chasseur de 5ème voire de 6ème génération et était intéressée pour contribuer au SCAF en rappelant que la Turquie avait été partenaire des programmes Cougar et A400M et travaillait au développement d'une constellation de satellites Göktürk⁴². L'intérêt accru de la France pour cette industrie en Turquie, se reflète également par l'augmentation du nombre d'études menées et publiées par de prestigieux centres français d'études stratégiques, comme l'IRIS et l'IFRI.

A cet arrière-plan s'ajoutent ses efforts et exploits diplomatiques lors de la guerre en Ukraine, son dialogue positif avec les deux belligérants, ainsi que celui avec le Président Trump qui reste actuellement incontournable pour l'Europe. Par conséquent, il semble qu'il serait temps de prendre en considération la requête turque à la participation au Programme pour l'industrie européenne de la défense (EDIP) dont l'objectif est d'augmenter les capacités de l'UE en matière de financement d'industrie de la défense ainsi que de mettre en œuvre la Boussole stratégique européenne. La France, longtemps force motrice d'une Europe inter-gouvernementale de défense, craint actuellement l'entrisme américain au sein de l'EDIP favorisé par les membres les plus atlantistes qui achèteraient de l'armement américain avec les fonds de l'EDIP pour éviter les tarifs américains. C'est justement pour cela que Paris aurait récemment retiré son objection à la participation des bénéficiaires non-européens, ce qui serait favorable à la Turquie, au cas où sa participation est approuvée dans l'année courante. Il est également question qu'elle fasse partie de la "Mobilité militaire Schengen", projet lancé au sein de la Coopération structurée permanente (PESCO) suite à l'annexion de la Crimée en 2014 et ouvert aux pays tiers depuis 2020. Sa demande, déposée en 2021, fut bloquée par l'Autriche tandis qu'Ankara aurait négocié pour le soutien de la Suède et de la Finlande en la matière, lors de leur adhésion à l'OTAN.

Il s'agit donc d'un moment crucial pour la défense européenne sans le renforcement de laquelle l'UE ne pourrait remplir son rôle d'Europe -puissance sur la scène internationale et auquel la Turquie semble parfaitement capable d'y contribuer vu ses qualificatifs.

CONCLUSION

Suite à ce tour d'horizon inspiré par le Rapport du Sénat français diffusé dans l'objectif de renforcer la relation franco-turque "dans ce moment de grande incertitude où le monde est confronté aux plus grands défis" pour citer le Président Macron qui s'est exprimé le soir du 5 Mars à la veille du sommet spécial de l'Union européenne, et de celle des chefs d'État-major européens à laquelle la Turquie fut conviée, il est possible de faire plusieurs constats.

⁴² Sénat: 2025, p.9.

Tout d'abord, il s'agit du caractère opportun de la démarche tel que nous l'avons souligné au début, survenant dans un contexte de développements superposés aux niveaux de la politique étrangère turque, de la sécurité européenne, et de la nouvelle donne au Moyen Orient. Très possible que l'idée en fût déclenchée par les dernières frictions entre la France et la Turquie au sujet de la réciprocité des établissements scolaires, il semble cependant que ce document soit destiné à avoir un impact bien plus considérable, vu la conjoncture actuelle. Et ce, à condition de le considérer des deux parties comme une feuille de route dont la nécessité s'imposait depuis longtemps. Donc, premier point: il faut lui accorder toute l'importance qu'il mérite.

Au niveau de l'exercice diplomatique qui s'ensuivra, il est évident qu'il faudra donner une chance au transactionnel et au transnational, étant donné que le parcours diplomatique traditionnel semble actuellement assez limité à cause du degré de détérioration atteint dans les relations bilatérales. En effet, aux contentieux chroniques comme la question arménienne, les droits de l'homme en Turquie ou l'éternel problème de Chypre, est venu s'ajouter le débat déclenché par les dirigeants français sur l'identité et donc la "non-appartenance civilisationnelle" de la Turquie à l'Europe, ce qui fut presque fatal non seulement pour le dialogue franco-turc, mais aussi pour le processus d'adhésion lui-même, vu le découragement et le désengagement progressif qu'il a provoqué dans le camp turc. Cela joua certainement un rôle dans l'orientation des efforts diplomatiques turcs vers le Moyen Orient et l'Eurasie parallèlement aux facteurs idéologiques et préoccupations électorales du moment. Or, maintenant que cette politique semble avoir atteint ses limites pour diverses raisons et que la politique étrangère turque semble reprendre les chemins traditionnels sans pour autant renoncer à son rôle régional, il est temps d'agir. Avec précaution certes, évitant de part et d'autre des polémiques politiciennes et appliquant l'adage qui pourrait à lui seul résumer le transactionnel "la diplomatie est l'art du possible". D'autre part, il est clair que les contacts entre les représentants des sociétés civiles respectives sont actuellement insuffisants, surtout par rapport au potentiel qu'ils représentent. D'où, deuxième point: mise en œuvre d'une diplomatie transactionnelle qui semble déjà s'amorcer, tout en déployant des efforts pour améliorer les contacts transnationaux.

La coopération sécuritaire entre ces deux puissances militaires semble s'imposer comme un domaine naturellement prioritaire non seulement parce que la France possède la première armée la plus puissante au sein de l'UE et que la Turquie, la seconde au sein de l'OTAN après celle des États Unis, mais aussi au sujet de l'industrie de la défense. En effet, ce secteur qui est très avancé en France, est en pleine expansion en Turquie qui a réduit en dix ans sa dépendance de la technologie militaire étrangère à moins de 50% et s'est hissé au 11ème rang mondial en matière d'exportations avec un record de \$7.1 milliards en 2024, vers des destinations aussi diverses que le Moyen Orient, l'Afrique, l'Asie Centrale et les Balkans, tandis que celles de la France favorisent plutôt le Moyen Orient. Encore loin de la concurrence, les deux secteurs pourraient coopérer de façon complémentaire, aussi bien en matière de recherche et développement que dans le domaine de la sous-traitance. La coopération sécuritaire a gagné en importance avec la nouvelle menace qui pèse sur l'Europe, provenant aussi bien du nord que paradoxalement, d'outre-Atlantique. Dicté par une vision stratégique nouvelle, le troisième point serait donc: développer le rapprochement bilatéral en matière de sécurité, y compris dans le domaine de l'industrie de la défense et dans le cadre européen à travers des programmes qui permettent l'inclusion des partenaires non-membres de l'UE.

Finalement, il est évident à la lumière du dernier Rapport du Sénat français que prenant acte des défis et potentiels d'un nouvel environnement, la Turquie et la France se trouvent au seuil d'un rapprochement qu'il faudrait faire évoluer aussi bien dans le contexte bilatéral qu'europpéen. Le moment est opportun et vu les enjeux, il faudra le saisir sans pour autant oublier les objectifs démocratiques qui restent encore à atteindre en Turquie conformément à ses engagements européens et aux besoins de la société.

This article was scanned with plagiarism detection software. No plagiarism was detected.

Ethics Committee Approval Information

Ethics committee approval was not required.

Author Contribution Statement

The authors' contributions to this study are equal.

Funding Statement and other Acknowledgments

This study has not received any type of funding or support.

Competing Interests Statement

There is no conflict of interest to declare with any institution or person within the framework of the study.

BIBLIOGRAPHIE

Archer, K. "Transnationalism" in *21st Century Geography: A Reference Handbook*, Vol. I, Ed. by Joseph P. Stoltman (London, Los Angeles: Sage, 2012).

Aydın-Düzgit, S. & Kaliber, A. "Encounters with Europe in an era of domestic and international turmoil: is Turkey a de-Europeanising candidate country?", *South European Society and Politics*, Vol 21(1) 2016, pp. 1-14.

Balta, E. "Normalizing transnationalism: Turkish foreign policy after the 2023 elections", Analysis, Middle East Institute, July 9, 2024, <https://www.mei.edu>.

Bashirov, G. & Yılmaz, I. "The rise of transactionalism in international relations: evidence from Turkey's relations with the European Union", *Australian Journal of International Affairs* 74/2, 2020, pp. 165-184.

Burilkov, A. & Wolf, G.B. "Defending Europe without the US: first estimates of what is needed", Analysis, Bruegel, Brussels, 2025, <https://www.bruegel.org>.

De Gaulle, C. *Discours et Messages 1966-1969*, (Paris: Plon, 1970).

Kardaş, Ş. & Ünlühisarcıklı, Ö. "Managing the US-Turkey Security Relationship: Structured Transactionalism within a Dual Framework", *Turkish Policy Quarterly*, Vol. 19, No. 4, 2020-21, pp. 67-85.

Rocard, M. *Oui à la Turquie*, (Paris: Tapage Hachette, 2008).

Sénat, Rapport d'information No. 257, Session ordinaire de 2024-2025, Commission des affaires étrangères, de la défense, et des forces armées, Enregistré à la Présidence du Sénat le 22 Janvier 2025.

Soysal, I. *Les Relations Politiques Turco-Françaises 1921-1985*, Varia Turcica III, (Istanbul, Paris: Editions ISIS, 1986).

Tedeschi, M., Vorobeva, E. & Jauhiainen, J.S. "Transnationalism: current debates and new perspectives", *Geo Journal* 87, 2022, pp. 603-619.

Türkmen, F. "Le Général de Gaulle en Turquie: la visite de tous les espoirs", Intervention lors de la conférence intitulée "Les Relations franco-turques à l'époque du Général de Gaulle (1958-1969)", Institut français à Istanbul, 8 Novembre 2018.

Visier, C. "La Turquie: instrument de politisation, objet de politisation", *European Journal of Turkish Studies*, 9/2009, pp. 1-25.

Measurement of Environmental Sustainability Using Slack-Based Measure and Data Envelopment Analysis*

Research Article / Araştırma Makalesi

Musa Aktaş[†] Ferhan Çebi[‡]

ABSTRACT

Research on environmental protection and sustainability focus increasingly on undesirable outputs (such as waste and pollutants) of production and consumption processes. Thus, technological improvements leading to fewer undesirable outputs in production processes have become main concerns. In research on sustainability, the relationship between resource efficiency and performance optimization can be examined using different quantitative methods. In this regard, the Slack Based Measure (SBM) model and the traditional input-oriented (BCC, Banker-Charnes-Cooper) Data Envelopment Analysis model provide important capabilities for assessing the efficient use of resources from sustainability perspective. This study examines whether there is a difference in efficiency between SBM (SBM-UO) Data Envelopment Analysis model and the standard input-oriented BCC Data Envelopment Analysis (BCC DEA-UO) model, within the context of sustainability efficiency, using an industrial case example. Since slack values are considered, the results of efficiency measurements made with SBM (SBM-UO) show lower or equal values compared to BCC Data Envelopment Analysis with undesirable outputs (BCC DEA-UO).

Keywords: Data Envelopment Analysis, SBM, Sustainability, Slack Based Measure.

1. INTRODUCTION

Sustainable development is defined as fulfilling present needs without endangering the ability of future generations to meet their own needs. The concept of sustainability is described by the World Commission on Environment and Development as “development that meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” (WCED, 1987). The systems approach to sustainability aims to study the interactions and feedback across environmental, economic and social systems and coherency of the unit. Developing tools to establish and analyze the balance between systems is an operational requirement.

During industrial activities, resources are used, and waste is created. There is a need to create a template that would minimize resource usage and waste production (Barbier, 1987). In industrial systems, the production of a certain amount of output is done using a specific amount of capital such as equipment and factories. At the same time, various inputs such as labor and raw materials are also included in the systems (Meadows et al., 1972). Furthermore, industries and production processes have impacts on natural resources throughout the entire process, including raw material extraction, energy consumption, production of final products, waste generation, consumption of these products by consumers, and the disposal of these products (WCED, 1987). In this sense, industrial production processes have impact on economic, social and environmental scale.

* **Received:** 01.03.2025 ; **Revised:** 29.04.2025; **Accepted:** 01.05.2025

This article is issued from the master's thesis of the corresponding author, submitted to Istanbul Technical University, titled “Assessment of Environmental Sustainability in the Industrial Sector Using Data Envelopment Analysis and Slack-Based Measure Models”.

[†] Corresponding author: Istanbul Technical University ORCID: 0009-0007-8176-1176, aktasm16@itu.edu.tr.

[‡] İstanbul Technical University, ORCID: 0000-0003-3100-3020, cebife@itu.edu.tr.

Environmental changes can affect individuals' wellbeing through various channels. The impacts caused by fluctuating product prices in the markets, changes in the quality and quantity of non-market goods (such as air quality), changes in production factors reflected in wages, and the individual risks that people personally encounter are key elements in this sense (Freeman, Herriges and Kling, 2014). Even in the best scenario, the use of scarce resources is expected to reach 15% by 2030 and 75% by 2050 and a potential raw material shortage of 8 billion tons and 29 billion tons is estimated to occur in 2030 and 2050 respectively. This growing demand for natural resources can increase the cost of inputs, decrease profits, lead companies to increase product prices and cause lower levels of economic growth (Lacy and Rutqvist, 2015). Moreover, the reduction in natural resources may cause an increase in diseases, negative changes in daily activities, and a decrease in life expectancy (Freeman, Herriges and Kling, 2014).

In sustainability research, the relationship between resource efficiency and performance optimization can be examined in various ways depending on the selected quantitative method. In this regard, Slack Based Measure (SBM) model and the input-oriented traditional BCC (Banker-Charnes-Cooper) Data Envelopment Analysis (DEA) model provide important tools for assessing the efficient use of resources from a sustainability perspective (Zhou et al., 2018). While both classical SBM and DEA models provide valuable contributions to decision-making processes, they also present different approaches in terms of performance measurement and improvement recommendations (Tone, 2001). This study aims specifically at answering the following questions: *“How does the relationship between resource efficiency and performance optimization in sustainability practices differ while using the SBM (SBM-UO) model with undesirable outputs compared to the standard input-oriented BCC DEA (BCC DEA-UO) model with undesirable outputs, and how the contribution of these models to decision-making processes can be evaluated?”*

The paper is organized as follows. Section 2 provides the theoretical background on Data Envelopment Analysis (DEA), Slack-Based Measure (SBM) model and reviews related literature on efficiency measurement within the context of sustainability, with a particular focus on undesirable outputs. Section 3 describes the methodology on SBM-UO and BCC DEA-UO models in detail. The dataset including inputs, outputs, and undesirable outputs is highlighted. Section 4 presents empirical results, comparing the efficiency scores obtained from both models. Section 5 discusses the implications of these results for sustainable resource utilization. Finally, Section 6 concludes the study by summarizing key findings and suggesting directions for future research.

2. THEORETICAL BACKGROUND/ CONCEPTUAL FRAMEWORK

2.1. Eco-Efficiency and Input-Output Indicators in the Literature

The concept of *eco-efficiency* is essential when we evaluate how effectively economic activities use the natural resources and services. Eco-efficiency is measured by comparing the produced values (such as income, quality goods and services, employment, and GDP) with their environmental impacts. This corresponds to the comparison of the economic benefits provided by a product or service with the environmental impacts it generates (Zhang et al., 2008). This relative measure combining and balancing both environmental and economic benefits, primarily aims at minimizing resource consumption (such as energy, water, and raw materials) while reducing negative environmental outputs (such as waste and emissions), and maintaining or enhancing the value of the produced goods (Maxime et al., 2006).

Environment is affected in many ways by industrial and human activities. Over the past 20-30 years, regulations have been implemented to limit negative effects. Additionally, some institutions and companies have adopted more proactive and conscious approaches toward environmental issues. Thus, measuring environmental performance has become very significant in this perspective and, tools and materials for

performance evaluations have become central. Quantitative evaluation of environmental performance enables the adoption of more sustainable and eco-friendly practices. In this context, performance evaluation tools facilitate more consciously decision-makings providing quantitative assessments. Analytical performance indicators allow making comparisons between different factories of a company, various companies, or units operating under similar environmental conditions, thereby environmentally efficient decision making can be secured. Generally, the concept of environmental efficiency assessment highlights three categories of parameters: *inputs*, *desirable outputs*, and *undesirable outputs*. Inputs represent the resources, raw materials specific to the analysed activity, while outputs include both desired outcomes and undesirable effects. DEA is one of the quantitative decision-making tools providing an environmental performance assessment. This method assesses units' efficiency performance on a scale ranging from 0 to 1, distinguishing between well performing and poorly performing ones (Tyteca, 1996). Table 1 presents a detailed overview of the inputs and outputs used in DEA studies in the literature. The fields of these studies vary at both micro and macro levels, with the same variation occurring for the inputs and outputs.

2.2. Data Envelopment Analysis and Other Methods

2.2.1 Data Envelopment Analysis (DEA)

DEA is a data driven approach used to assess the performance of similar *Decision-Making Units* (DMUs) by considering multiple inputs and outputs. It is widely used across different fields and industries in various countries. Examples include performance assessments of cities, regions, countries, companies and many other entities like, schools, hospitals, shops and others. DEA is a valuable method to provide organizations and institutions meaningful insights (Cooper, Seiford & Zhu, 2011). There are over 20000 publications in which the efficiency of various DMUs are measured using DEA, a non-parametric method that can generate efficiency scores based on inputs and outputs (Emrouznejad, Yang, Khoveyni, & Michali, 2022).

Table 1: Applications, inputs, and outputs in the literature

Field of Study	Inputs	Outputs	Researchers
26 OECD Countries 1995-1997	- Employee	- GDP - SO _x - CO ₂ - CO - NO _x	Zhou, Poh & Ang (2007)
Beijing 2005-2009	- Employee - Capital - Energy	- GDP - Wastewater - Solid Waste - Gas emission	Li, Yang & Liu (2013)
USA (Energy plants)	- Capacity - Fuel Cons.	- Energy Production - SO ₂ - CO - CO ₂	Sueyoshi & Goto (2012)
20 Countries 1990-2011	- Employee - Investment	- Financial Return - CO ₂ - N ₂ O - SO ₂ - CH ₄	Halkos, Tzeremes & Kourtzidis (2016)
30 Province in China 2005-2010	- Employee - Capital - Energy	- Power Capacity - CO ₂ - Nox - SO ₂	Zhou et al. (2013)
27 Global Airline Companies	- Employee - Capacity - Fuel Cons.	- Income (income and related metrics) - CO ₂	Chang, Park, Jeong & Lee (2014)
29 Province in China 1998-2009	- Employee - Capital - Energy	- GDP - Wastewater - Solid Waste - Gas emission	Song, Song, An & Yu (2013)

CCR (Charnes, Cooper and Rhodes) DEA model, introduced by Charnes, Cooper and Rhodes (1978), evaluates the relative efficiency among different homogeneous DMUs. The efficiency is derived by referencing a frontier function obtained from the most efficient DMU. This is a constant returns to scale (CRS) model (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978). BCC (Banker, Charnes, and Cooper) DEA model was developed and introduced by Banker, Charnes, and Cooper (1984). This model includes the variable returns to scale (VRS) form. Although there have been developments in both CCR and BCC DEA models over the years, these two models continue to dominate research and applications (Zarrin & Brunner, 2022).

2.2.1.1 CCR Model

In CCR model, there are n DMUs, denoted as DMU_j ($j = 1, 2, \dots, n$) and each DMU have common inputs and outputs. The inputs consist of m elements, represented as X_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$) while the outputs include s elements and denoted as Y_{rj} ($r = 1, 2, \dots, s$). The performance and efficiency of the observed DMUs are evaluated based on these inputs and outputs. CCR model is represented by Equations 1.a to 1.d below. In the model and notation DMU_0 is used to denote the unit being measured, and the model is formulated accordingly (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978).

$$\text{Max } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (1.a)$$

Constraints:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (1.b)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, (j = 1, 2, \dots, n) \quad (1.c)$$

$$u_r \geq \varepsilon (r = 1, 2, \dots, s) \text{ and } v_i \geq \varepsilon (i = 1, 2, \dots, m) \quad (1.d)$$

where x_{ij} are inputs (with input indexes $i = 1, 2, \dots, m$), y_{rj} are outputs (with output indexes $r = 1, 2, \dots, s$), u_r is the weight of output r , v_i is the weight for input i , h_0 is the relative efficiency score for DMU_0 and ε is a very small non-negative number.

2.2.1.2 BCC Model

After the introduction of CCR Model, one of the most critical developments in DEA is BCC Model which was introduced by Banker, Charnes and Cooper (1984). BCC is a model of variable returns to scale (VRS). In this model, the main difference is the inclusion of the convexity constraint as shown in Equation 2, which enables the VRS. In VRS model, one unit increase in inputs does not always lead to a proportional increase in outputs. Like CCR model, this model can be either input oriented or output oriented. The output-oriented model aims to maximize output while keeping inputs under control, whereas the input-oriented model aims to minimize inputs while maintaining a fixed level of output (Martic, Novakovic & Baggi, 2009).

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (2)$$

The input-oriented BCC model including the variable u_0 , is shown Equations 3.a to 3.d (Banker, Charnes and Cooper, 1984).

$$\text{Max } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0 \quad (3.a)$$

Constraints:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (3.b)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.c)$$

$$u_r \geq \varepsilon (r = 1, 2, \dots, s) \text{ and } v_i \geq \varepsilon (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.d)$$

Additionally, it is possible to formulate the version of BCC model as shown in Equations 4.a to 4.e by including the convexity constraint given in Equation 2, which differs from CCR model (Banker, Charnes and Cooper, 1984). s_r^+ and s_i^- represent the output slack value (shortfall) and input slack value (excess), respectively.

$$\text{Min } \alpha - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \right) \quad (4.a)$$

Constraints:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, (r = 1, 2, \dots, s) \text{ and } (j = 1, 2, \dots, n) \quad (4.b)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- = \alpha \cdot x_{i0}, (i = 1, 2, \dots, m) \text{ and } (j = 1, 2, \dots, n) \quad (4.c)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (4.d)$$

$$s_r^+, s_i^-, \lambda_j \geq 0 \quad (4.e)$$

2.2.1.3 SBM Model

SBM model is introduced by Kaoru Tone in 2001. Its main difference from previous models is that it directly measures the efficiency using a fractional function based on input excess and output shortfalls. Let X represents matrix of inputs; Y represents matrix of outputs. λ is any non-negative vector. The expression of a specific Decision-Making Unit is denoted as $DMU_0 = (x_0, y_0)$. In this context, the slack values are defined as follows: $s^+ \geq 0$ with $s^+ \in R^s$ represents shortfall/output slacks, while $s^- \geq 0$ with $s^- \in R^m$ represents the input surplus/input slacks. SBM efficiency is derived using the optimization problem given by Equation 5.a to 5.d (Tone, 2001).

$$\text{Min } \rho = \frac{1 - \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \left(\frac{1}{s}\right) \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{r0}}} \quad (5.a)$$

Constraints:

$$x_0 = X\lambda + s^- \quad (5.b)$$

$$y_0 = Y\lambda - s^+ \quad (5.c)$$

$$s^+, s^-, \lambda \geq 0 \quad (5.d)$$

In addition, transformations such as $S^+ = t \cdot s^+$; $S^- = t \cdot s^-$; $\Lambda = t\lambda$ have been done to obtain the following Equations 6.a to 6.e (Tone, 2001).

$$\text{Min } \tau = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}} \quad (6.a)$$

Constraints:

$$t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{r0}} = 1 \quad (6.b)$$

$$tx_0 = X\Lambda + S^- \quad (6.c)$$

$$tx_0 = X\Lambda - S^+ \quad (6.d)$$

$$S^+, S^-, \Lambda \geq 0 \text{ and } t > 0 \quad (6.e)$$

In order to define DMU (x_0, y_0) as efficient in terms of SBM, ρ^* must take the value of 1. This condition is equivalent to the case where s^{+*} and s^{-*} are 0. The standard CCR model is radial, and the presence of output or input slack values does not directly indicate the inefficiency for any DMU. However, since SBM model directly takes slacks into account, the presence of any slack indicates the inefficiency according to SBM model (Tone, 2001).

2.2.2. Methods Used for Undesirable Outputs

Addressing undesirable outputs has been a challenging topic for researchers. There are multiple methods to handle undesirable outputs, researchers should select the method they consider most suitable for their needs. These methods can be classified into four different categories:

1. Ignoring undesirable outputs in the production function,
2. Treating undesirable outputs as normal inputs,
3. Treating undesirable outputs as normal outputs,
4. Evaluating undesirable outputs by applying the necessary transformations.

One of the methods used in this field is SBM with undesirable outputs (SBM-UO). In addition to that there is the use of the standard BCC DEA (BCC DEA-UO) where

undesirable outputs are treated as standard inputs (Halkos & Petrou, 2019). In sustainability research handling undesirable outputs, SBM model and the input-oriented traditional BCC DEA model are two critical tools while evaluating the efficient use of resources from a sustainability perspective (Zhou et al., 2018).

2.2.2.1 SBM Model with Undesirable Outputs

SBM model with undesirable outputs (SBM-UO) is introduced by Kaoru Tone in 2004. It is a model that measures efficiency using a fractional solution based on input excesses, undesirable output excesses, and desirable output shortfalls. Let X represent the input matrix, Y^g the desirable output matrix, and Y^b the undesirable output matrix. λ is any non-negative vector. The expression of a specific Decision-Making Unit is denoted as $DMU_0 = (x_0, y_0^g, y_0^b)$. In this context, the slack variables are defined as follows: $s_r^g \geq 0$ with $s_r^g \in R^{s_1}$ are the slack values of desirable outputs, $s_z^b \geq 0$ with $s_z^b \in R^{s_2}$ are the slack values of undesirable outputs, and $s_i^- \geq 0$ with $s_i^- \in R^m$ are the slack values of inputs. To measure the efficiency of (x_0, y_0^g, y_0^b) , the fractional objective function in Equation 7.a is defined (Tone, 2004).

$$\text{Min } \rho = \frac{1 - \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{z=1}^{s_2} \frac{s_z^b}{y_{z0}^b} \right)} \quad (7.a)$$

Constraints:

$$x_0 = X\lambda + s^- \quad (7.b)$$

$$y_0^g = Y^g\lambda - s^g \quad (7.c)$$

$$y_0^b = Y^b\lambda + s^b \quad (7.d)$$

$$s^g, s^b, s^-, \lambda \geq 0 \quad (7.e)$$

After that, the fractional model is transformed into a linear form, as in the standard SBM, using the Charnes-Cooper transformation. By multiplying both the numerator and denominator by the scalar variable t , the fractional structure is transformed into a linear form. Additionally, $S^- = t \cdot s^-$, $S^g = t \cdot s^g$, $S^b = t \cdot s^b$, $\Lambda = t\lambda$ are applied to obtain the following Equation 8.a (Tone, 2004).

$$\text{Min } \tau = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{i0}} \quad (8.a)$$

Constraints:

$$t + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{S_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{z=1}^{s_2} \frac{S_z^b}{y_{z0}^b} \right) = 1 \quad (8.b)$$

$$tx_0 = X\Lambda + S^- \quad (8.c)$$

$$ty_0^g = Y^g\Lambda - S^g \quad (8.d)$$

$$ty_0^b = Y^b\Lambda + S^b \quad (8.e)$$

$$S^-, S^g, S^b, \Lambda \geq 0 \text{ and } t > 0 \quad (8.f)$$

The optimal solution in this linear programming model is defined as $\tau^*, S^{-*}, S^{b*}, S^{g*}, \Lambda^*, t^*$. Accordingly, it can be expressed, as in Equation 9, that $\rho^*, s^{+*}, s^{g*}, s^{b*}, \lambda^*$ are also optimal solutions (Tone, 2004).

$$\rho^* = \tau^*; s^{-*} = \frac{S^{-*}}{t^*}; s^{g*} = \frac{S^{g*}}{t^*}; s^{b*} = \frac{S^{b*}}{t^*}; \lambda^* = \frac{\Lambda^*}{t^*} \quad (9)$$

To define DMU as efficient in terms of SBM-UO, ρ^* must be equal to 1. This situation is equivalent to slack variables s^{+*} , s^{g*} and s^{b*} being equal to 0. So, in this optimal solution, there is no input excesses (slack), no undesirable output excesses (slack), and no shortfalls (slack) of desirable outputs. For inefficient DMUs to become efficient, they must eliminate input slacks, prevent generating undesirable output slacks, and increase

the levels of desirable outputs by eliminating shortfalls, as stated in Equations 10.a to 10.c (Tone, 2004).

$$x_0 \Leftarrow x_0 - s^{-*} \quad (10.a)$$

$$y_0^g \Leftarrow y_0^g + s^{g*} \quad (10.b)$$

$$y_0^b \Leftarrow y_0^b - s^{b*} \quad (10.c)$$

Below SBM-UO is expressed using j as the DMU index ($j = 1, 2, \dots, n$), i as the input index ($i = 1, 2, 3, \dots, m$), r as the desirable output index ($r = 1, 2, \dots, s_1$), z as the undesirable output index ($z = 1, 2, \dots, s_2$), S_i^- as the input slack value, S_r^g as the desirable outputs slack value, S_z^b as the undesirable outputs slack value, x_{ij} as the input value, y_{rj}^g as the desirable outputs value, y_{zj}^b as the undesirable outputs value and Λ_j as the weight of the j^{th} unit.

$$\text{Min } \tau = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{i0}} \quad (11.a)$$

Constraints:

$$t + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{S_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{z=1}^{s_2} \frac{S_z^b}{y_{z0}^b} \right) = 1 \quad (11.b)$$

$$\text{Input Constraints: } \sum_{j=1}^n \Lambda_j x_{ij} + S_i^- = t x_{i0} \text{ with } i = 1, \dots, m \quad (11.c)$$

$$\text{Desirable Output Constraints: } \sum_{j=1}^n \Lambda_j y_{rj}^g - S_r^g = t y_{r0}^g \text{ with } r = 1, \dots, s_1 \quad (11.d)$$

$$\text{Undesirable Output Constraints: } \sum_{j=1}^n \Lambda_j y_{zj}^b + S_z^b = t y_{z0}^b \text{ with } z = 1, \dots, s_2 \quad (11.e)$$

$$\sum_{j=1}^n \Lambda_j = t \text{ with } j = 1, \dots, n \quad (11.f)$$

$$\Lambda_j, S_z^b, t, S_r^g, S_i^- \geq 0 \quad (11.g)$$

2.2.2.2 BCC Data Envelopment Analysis with Undesirable Outputs

We have considered the standard BCC DEA model with undesirable outputs (BCC DEA-UO) as an alternative to SBM-UO. In this model, undesirable outputs are treated as standard inputs. DMUs must reduce both inputs and undesirable outputs at the same time to be efficient and enhance the eco-efficiency. The input/undesirable output-oriented BCC (BCC DEA-UO) model can be represented as below Equations 12.a to 12.g. If θ value is equal to 1, it indicates an efficient unit; otherwise, it is inefficient unit (Zhang et al., 2008).

$$\text{Min } \theta - \varepsilon E^T (S_z^b + S_r^g + S_i^-) \quad (12.a)$$

$$\text{Input Constraints: } \sum_{j=1}^n \Lambda_j x_{ij} + S_i^- = \theta x_{i0} \text{ with } i = 1, \dots, m \quad (12.b)$$

$$\text{Desirable Output Constraints: } \sum_{j=1}^n \Lambda_j y_{rj}^g - S_r^g = y_{r0}^g \text{ with } r = 1, \dots, s_1 \quad (12.c)$$

$$\text{Undesirable Output Constraints: } \sum_{j=1}^n \Lambda_j y_{zj}^b + S_z^b = \theta y_{z0}^b \text{ with } z = 1, \dots, s_2 \quad (12.d)$$

$$\sum_{j=1}^n \Lambda_j = t \text{ with } j = 1, \dots, n \quad (12.e)$$

$$\Lambda_j, S_z^b, S_r^g, S_i^- \geq 0 \quad (12.f)$$

$$\varepsilon > 0 \quad (12.g)$$

3. METHODOLOGY

In this study, DEA is applied for different DMUs that are having undesirable outputs. This application aims to assess the efficiency of these DMUs by evaluating their manufacturing activities from a sustainability perspective and comparing the differences between SBM-UO and the standard BCC DEA (BCC DEA-UO). 26 different DMUs operating in different regions, and their sustainability performance have been evaluated using SBM-UO and standard BCC DEA (BCC DEA-UO). The data is retrieved from the OECD database.

In our analyses, outputs have been categorized into two different groups: desirable and undesirable outputs. Different inputs have been included. The purpose is providing a more detailed perspective while measuring the efficiency of related activities and assessing their environmental sustainability. The relevant inputs and outputs are shown in the Table 2.

Table 2: Inputs and Outputs List

Inputs	Desirable Outputs	Undesirable Outputs
Energy Consumption (S_1^-)	Gross Value Added (S_1^g)	Carbon dioxide (S_1^b)
Number of Employees (S_2^-)		Methane (S_2^b)
		Nitrogen dioxide (S_3^b)
		Solid waste (S_4^b)

In both applications, normalization has been first applied for data adjustments since inputs and outputs contain numerical values of different magnitudes. Since the same units are used for each DMU, the data is independent of the unit. The raw data is shared in Table 3.

Table 3: Inputs and Outputs Data

DMU	S_1^-	S_2^-	S_1^g	S_1^b	S_2^b	S_3^b	S_4^b
DMU1	904.9	763	77.6	191.9	3.37	16.90	5.36
DMU2	260.4	333.6	10.8	63.6	0.72	6.48	2.71
DMU3	471.1	391.1	30.9	82.6	7.28	8.29	2.71
DMU4	392.6	263.8	26.5	81.7	1.00	10.15	1.95
DMU5	540.2	199.3	15.4	73.0	8.51	12.13	1.35
DMU6	540.0	79.7	10.3	43.5	1.68	3.24	1.34
DMU7	229.3	50.8	6.7	32.9	0.33	3.93	1.26
DMU8	126.4	34.0	4.1	10.6	0.10	2.61	0.94
DMU9	90.0	154.3	4.3	22.8	6.63	3.79	0.70
DMU10	155.5	56.3	7.6	13.7	0.19	2.62	0.49
DMU11	87.9	66.1	7.7	26.0	0.33	2.36	0.55
DMU12	9.2	12.0	0.4	1.6	0.02	0.24	0.41
DMU13	95.1	141.0	5.6	17.5	0.42	2.84	0.49
DMU14	156.8	36.1	1.8	16.2	0.21	3.04	0.40
DMU15	25.7	26.2	15.9	7.2	0.03	0.95	0.40
DMU16	45.5	60.1	1.0	9.0	0.85	1.37	0.43
DMU17	58.9	52.6	2.0	13.8	1.27	2.00	0.33
DMU18	67.3	88.1	2.9	11.3	0.28	1.45	0.31
DMU19	83.7	76.1	3.0	13.9	0.42	4.00	0.29
DMU20	73.7	22.2	1.0	5.1	0.06	0.73	0.20
DMU21	6.2	21.9	1.1	2.7	0.02	0.47	0.15
DMU22	43.2	29.6	4.8	5.6	0.12	0.83	0.11
DMU23	2.4	3.3	0.4	1.4	0.01	0.14	0.06
DMU24	19.7	29.3	0.8	4.7	0.02	0.78	0.05
DMU25	1.0	3.6	0.1	1.5	0.13	0.18	0.03
DMU26	3.6	12.0	0.4	1.2	0.08	0.64	0.04

First, we have applied SBM-UO, and the efficiency of each DMU has been measured using Equations 11.a to 11.g. For each DMU, the values of (S_1^-) , (S_2^-) , (S_1^g) , (S_1^b) , (S_2^b) , (S_3^b) , (S_4^b) , A_j , t , τ have been determined. Then, the same

DMUs have been evaluated for their sustainable efficiency by using the standard BCC DEA with undesirable outputs (BCC DEA- UO), as stated in Equations 12.a to 12.g. For each DMU, the values of (S_1^-) , (S_2^-) , (S_1^g) , (S_1^b) , (S_2^b) , (S_3^b) , (S_4^b) , λ_j , θ have been determined.

4. RESULTS

The efficiency values obtained from the analyses by using SBM- UO and BCC DEA- UO are presented in Table 4. DMU1, DMU15, DMU22, DMU23, DMU24, DMU25, and DMU26 have been identified as efficient units in both methods. Based on the initial analysis results, they do not contain any slack values and operate with full efficiency. Consequently, these efficient DMUs serve as reference points and benchmarks for other inefficient DMUs within the models. DMUs with an efficiency value less than 1 can develop their improvement plans for their sustainable performance enhancement by taking into account inputs and outputs of these efficient DMUs.

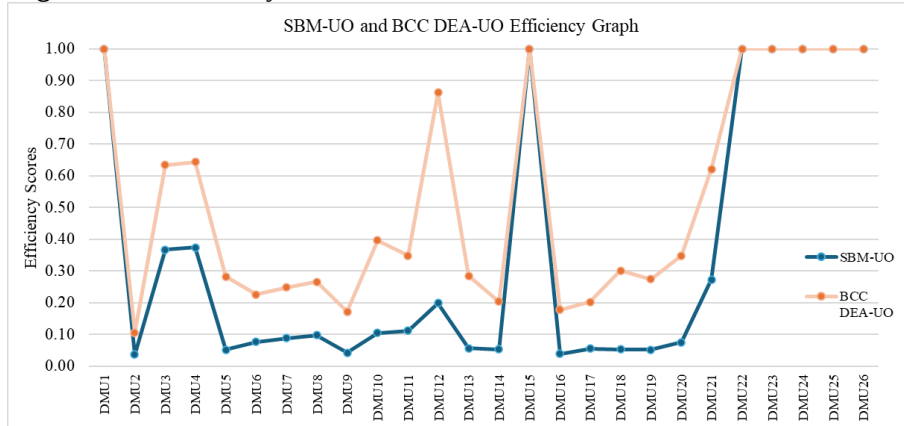
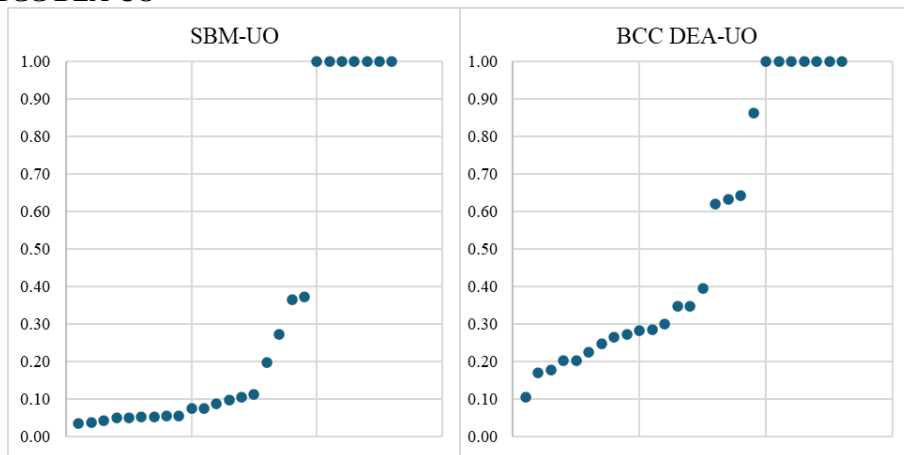
Table 4: Results of DMUs with SBM- UO and BCC DEA- UO models

DMU	SBM- UO	BCC DEA- UO	DMU	SBM- UO	BCC DEA- UO
DMU1	1.00	1.00	DMU14	0.05	0.20
DMU2	0.04	0.11	DMU15	1.00	1.00
DMU3	0.37	0.63	DMU16	0.04	0.18
DMU4	0.37	0.64	DMU17	0.05	0.20
DMU5	0.05	0.28	DMU18	0.05	0.30
DMU6	0.08	0.23	DMU19	0.05	0.27
DMU7	0.09	0.25	DMU20	0.07	0.35
DMU8	0.10	0.27	DMU21	0.27	0.62
DMU9	0.04	0.17	DMU22	1.00	1.00
DMU10	0.10	0.40	DMU23	1.00	1.00
DMU11	0.11	0.35	DMU24	1.00	1.00
DMU12	0.20	0.86	DMU25	1.00	1.00
DMU13	0.06	0.28	DMU26	1.00	1.00

Furthermore, as shown in Figures 1 and 2, there are obvious differences between the inefficient units in SBM- UO and BCC DEA- UO models. In Figure 1, the efficiency values of the DMUs in BCC DEA- UO model show a more uniform and homogenous distribution between 0 and 1. On the other hand, SBM- UO model assesses their efficiency differently from BCC DEA- UO model and contains more values closer to zero. This shows that SBM- UO model tends to measure the efficiency of DMUs more precisely, especially as slack values increase. As Tone (2001) stated, compared to BCC DEA model, SBM model directly evaluates the efficiency by focusing on input excesses (slacks) and output shortfalls (slacks). SBM model is unit-independent and involves monotonicity based on slack values.

In this study, we observe that SBM- UO model used for environmental efficiency measurements shows the same behaviour as SBM model. SBM- UO directly takes into account input excesses (slacks), undesirable output excesses (slacks), and desirable output shortfalls (slacks) while calculating efficiency performances. As seen in Figure 1 and Figure 2, the presence of slack values in inputs or undesirable outputs has led to a greater reduction in efficiency in SBM- UO compared to BCC DEA- UO .

Tone (2001) found that when comparing SBM and CCR DEA models, the efficiency values of inefficient units were lower or equal in SBM model compared to the CCR DEA model. Similarly, in this study, we make the same observation from our results that the efficiency values of all DMUs are equal or lower in SBM- UO model compared to the BCC DEA- UO model.

Figure 1: The efficiency distribution of DMUs under SBM-UO and BCC DEA-UO**Figure 2:** The comparison of DMUs (Decision-Making Units) between SBM-UO and BCC DEA-UO

5. CONCLUSION

SBM-UO and BCC DEA-UO are two widely used efficiency measurement methods. However, they differ in terms of the efficiency concepts and the insights they provide. Standard DEA evaluates the efficiency of DMUs relatively by comparing them with other DMUs through a proportional assessment of multiple inputs and outputs. In contrast, SBM focuses on measuring efficiency based on slacks (Tone, 2001). Similarly, in efficiency evaluation, SBM-UO directly considers both the excesses (slacks) in inputs and excesses (slacks) in undesirable outputs, as well as the shortfalls (slacks) in desirable outputs, as a result it provides an analysis from the perspective of slacks. Although both methods can detect the inefficient DMUs, SBM-UO provides a superior analysis in terms of the depth of the inefficiency.

In the context of environmental protection and sustainability, undesirable outputs resulting from production activities (e.g., pollutants and waste) are increasingly becoming the focus of policies and research. Technological progress that minimizes undesirable outputs in every production sector has become a centre of attention as a driver in sustainability. Thus, it is important to choose wisely, methods evaluating the impact of undesirable inputs and look for the appropriate methods to reduce the ones that are most important.

This study highlights the importance of selecting appropriate efficiency measurement models in sustainability research, particularly in industries that produce undesirable outputs such as pollutants and waste. The general observation in our study is that both the selection of inputs and outputs and the choice of models are important in studies conducted within the scope of sustainability. These mentioned differences

between the two models can be considered as critical factors that researchers should carefully consider since SBM-UO and BCC DEA-UO may significantly impact the analysis and interpretation of efficiency.

Based on our results, SBM-UO has an ability to handle slacks in both desirable and undesirable outputs and provides a more comprehensive view of the inefficiencies in systems. This is especially valuable in industries with a considerable environmental footprint. On the other hand, BCC DEA-UO model relies on a more traditional input output approach. It may be more suitable for cases where the main purpose is maximizing resource utilization. Therefore, objectives of the research, the characteristics of the industry being studied and the role of environmental considerations in the overall efficiency evaluation should be considered while deciding which model to use.

Future research could also further explore the application of SBM-UO in different sectors. Especially those focused on sustainability and green technologies to increase desirable outputs while minimizing undesirable outputs. SBM-UO is a useful tool because of its adaptability in taking environmental factors into account. It helps in assessing how well industries are preserving or increasing productivity while reducing their ecological impact. In order to create more dynamic and predictive models, future research could also investigate the possibility of combining SBM-UO with other innovative techniques. This could lead to the creation of real time decision making. It can contribute the companies to continuously monitor and optimize their environmental and resource efficiency.

Information on Plagiarism

This article was scanned with plagiarism detection software. No plagiarism was detected.

Ethics Committee Approval Information

Ethics committee approval was not required.

Author Contribution Statement

The authors' contributions to this study are equal.

Funding Statement and other Acknowledgments

This study has not received any type of funding or support.

Competing Interests Statement

There is no conflict of interest to declare with any institution or person within the framework of the study.

REFERENCES

- Banker**, R.D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 1078-1092.
- Barbier**, E.B. (1987). The Concept of Sustainable Economic Development. *Environmental Conservation*, 101-110. doi:10.1017/S0376892900011449
- Chang**, Y.T., Park, H.S., Jeong, J.B. & Lee, J.W. (2014). Evaluating economic and environmental efficiency of global airlines: A SBM-DEA approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 27, 46-50.
- Charnes**, A., Cooper, W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 429-444.
- Cooper**, W.W., Seiford, L.M. & Tone, K. (2008). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer Academic Publishers.

-
- Cooper**, W.W., Seiford, L.M. & Zhu, J. (2011). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In W. Cooper, L. Seiford, & J. Zhu, Handbook on Data Envelopment Analysis, 1-6.
- Emrouznejad**, A., Yang, G.L., Khoveyni, M. & Michali, M. (2022). Data envelopment analysis: Recent developments and challenges. *The Palgrave Handbook of Operations Research*, 307-350.
- Freeman**, A.M., Herriges, J.A., & Kling, C.L. (2014). The Measurement of Environmental and Resource Values. London: RFF Press.
- Halkos**, G., & Petrou, K.N. (2019). Treating undesirable outputs in DEA: A critical review. *Economic Analysis and Policy*, 62, 97-104.
- Halkos**, G., Tzeremes, N. & Kourtzidis, S. (2016). Measuring Sustainability Efficiency Using a Two-Stage Data Envelopment. *Journal of Industrial Ecology*, 20, 1159-1175.
- Lacy**, P., & Rutqvist, J. (2015). Waste to wealth: The circular economy advantage. Palgrave Macmillan.
- Li**, X.G., Yang, J., & Liu, X.J. (2013). Analysis of Beijing's environmental efficiency and related factors using a DEA model that considers undesirable outputs. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(5-6), 956-960.
- Martić**, Milan, Novaković, Marina S., Baggia, Alenka (2009). Data envelopment analysis -basic models and their utilization. *Organizacija (Kranj)*, 42(2), 37-43.
- Maxime**, D., Marcotte, M., & Arcand, Y. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(6-7), 636-648.
- Meadows**, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. & Behres III, W. (1972). The limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. New York: Universe Books.
- OECD**. (n.d.). OECD Data Explorer. Retrieved 01 2025, from <https://data-explorer.oecd.org/?lc=en>
- Song**, M., Song, Y., An, Q. & Yu, H. (2013). Review of environmental efficiency and its influencing factors in China: 1998-2009. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 8-14.
- Sueyoshi**, T. & Goto, M. (2012). DEA radial measurement for environmental assessment and planning: Desirable procedures to evaluate fossil fuel power plants. *Energy Policy*, 41, 422-432.
- Tone**, K. (2001). A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 130, 498-509.
- Tone**, K. (2004). Dealing with undesirable outputs in DEA: a Slacks-Based Measure (SBM). Tokyo: GRIPS Report Series.
- Tyteca**, D. (1996). On the Measurement of the Environmental Performance of Firms-A Literature Review and a Productive Efficiency Perspective. *Journal of Environmental Management*, 281-308.
- WCED** (1987) World Commission on Environment and Development Our Common Future. Oxford University Press. Retrieved 12 14, 2024
- Zarrin**, M. & Brunner, J. O. (2022). Analyzing the accuracy of variable returns to scale data envelopment. *European Journal of Operational Research*, 1286-1301.
- Zhang**, B., Bi, J., Fan, Z., Yuan, Z. & Ge, J. (2008). Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach. *Ecological Economics*, Volume 68(1-2), 306-316.
- Zhou**, H., Yang, Y., Chen, Y. & Zhu, J. (2018). Data envelopment analysis application in sustainability: The origins, development and future directions. *European Journal of Operational Research*, 1-16.
- Zhou**, P., Poh, K. & Ang, B. (2007). A non-radial DEA approach to measuring environmental performance. *European Journal of Operational Research*, 178(1), 1-9.
- Zhou**, Y., Xing, X., Fang, K., Liang, D. & Xu, C. (2013). Environmental efficiency analysis of power industry in China based on an entropy SBM model. *Energy Policy*, 57, 68-75.